



**AtmoSud**  
*Qualité de l'Air*

Provence - Alpes - Côte d'Azur

# **Qualité de l'air en 2018 à proximité d'ArcelorMittal**

**Oxydes d'azote et benzène**

## RESUME :

# QUALITE DE L'AIR EN 2018 A PROXIMITE D'ARCELORMITTAL

## Oxydes d'azote et benzène

---

AtmoSud a réalisé en 2018 une surveillance à Fos-sur-Mer dans les environs d'ArcelorMittal en benzène et oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), pour répondre aux interrogations des riverains concernant leur exposition. Cette séquence de mesure entre également dans un cadre de surveillance demandé par la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement PACA.

### ► Des mesures complémentaires aux dispositifs permanents

Des mesures de benzène et d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) ont été réalisées durant toute l'année 2018 en 8 lieux distincts de la zone. Une mesure en temps réel des composés organiques volatils (COV), dont le benzène, a été réalisée en complément du 18 juin au 31 juillet 2018 au niveau du point de mesure présentant les plus fortes concentrations observées à l'issue des premières mesures 2018. Ce complément de surveillance a en outre porté une attention particulière concernant les particules ultra fines (PUF) qui sont également un enjeu en matière de santé en ce territoire Fosséen.

Ce dispositif de surveillance 2018 vient compléter les observations effectuées au fil de l'eau par AtmoSud depuis plus de 30 ans dans les quartiers de l'Hauture et des Carabins à Fos-sur-Mer (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub>, HAP, Métaux, COV, Ozone).

### ► Des pollutions liées à des sources industrielles multiples

Cette nouvelle campagne de mesures menée à Fos-sur-Mer confirme la présence en ce secteur de niveaux en lien avec différentes activités situées sur zone mais également dans les environs plus ou moins proches. L'activité du port pétrolier de Fos-sur-Mer, ArcelorMittal, les zones de stockages d'hydrocarbures, la raffinerie de Fos-sur-Mer ainsi que les rejets de la zone industrialo-portuaire de Lavéra apparaissent clairement comme sources contributrices.

### ► Du benzène présent dans l'air en proximité de sources industrielles

La valeur réglementaire pour la santé humaine concernant le benzène est respectée en 2018 dans les zones habitées de Fos-sur-Mer. Dans le périmètre d'activité industrielle, les niveaux sont plus élevés qu'en zone habitée et sont en certains lieux proches des valeurs réglementaires en air ambiant.

### ► Des niveaux en oxydes d'azote moins problématiques en ce secteur, plus faibles que dans les grandes villes du département ou en proximité routière

Les niveaux annuels de dioxyde d'azote NO<sub>2</sub> sont inférieurs à 16 µg/m<sup>3</sup> pour l'ensemble des points de mesure (valeur limite annuelle : 40 µg/m<sup>3</sup>). Ils sont plus faibles que ceux observés dans les grandes villes du département où les valeurs limites sont parfois encore dépassées. A noter, qu'une diminution est observée depuis 2005 en ce lieu comme sur l'ensemble de la région.

### ► Un renforcement à venir de la surveillance en continu de polluants d'intérêt sanitaire dans la zone industrielle

La surveillance sera renforcée dans la zone industrielle à partir de 2019 (programme AtmoSud 2019-2021) concernant le suivi de polluants d'intérêts sanitaires : composés organiques volatils cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques (COV CMR), particules ultrafines, métaux, hydrocarbures aromatiques polycycliques, hydrogène sulfuré. Le secteur de Fos-sur-Mer sera concerné par ce programme qui compte également sur un renforcement du partenariat avec le monde de la recherche.

#### Contact

Lise BONVALOT  
lise.bonvalot@atmosud.org

#### Date de parution

Avril 2019

#### Références

23ID1014/ V-01 / LB-BM

# SOMMAIRE

<b>1. Présentation de l'étude.....</b>	<b>4</b>
1.1 Contexte de l'étude.....	4
1.1.1 ArcelorMittal.....	4
1.1.2 Objectifs de l'étude.....	5
1.2 Moyens mis en œuvre.....	5
1.2.1 Points de mesure.....	5
1.2.2 Moyens de mesure.....	7
<b>2. Résultats.....</b>	<b>7</b>
2.1 Dioxyde d'azote : NO <sub>2</sub> .....	7
2.1.1 Résultats de l'année 2018.....	8
2.1.2 Comparaison avec les années antérieures.....	9
2.2 Benzène.....	10
2.2.1 Résultats de l'année 2018.....	11
2.2.2 Évolution des niveaux de benzène depuis 2005.....	13
2.2.3 Toxicité.....	14
2.3 Mesures dynamiques au point 7.....	16
2.3.1 Origines du benzène.....	16
2.3.2 Fréquence et contribution.....	18
2.3.3 Autres COV.....	20
2.4 Rapprochement avec rapport d'incident.....	22
2.4.1 Incident du 5 juillet 2018.....	22
2.4.2 Incident du 12 août 2018.....	22
<b>3. Conclusion.....</b>	<b>23</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>25</b>
<b>GLOSSAIRE.....</b>	<b>27</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>31</b>

# 1. Présentation de l'étude

## 1.1 Contexte de l'étude

AtmoSud a réalisé en 2018 une surveillance à Fos-sur-Mer dans les environs d'ArcelorMittal en benzène et oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), pour répondre aux interrogations des riverains concernant leur exposition. Cette séquence de mesure est également dans un cadre de surveillance demandé par la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (PACA.)<sup>1,2</sup>.

Cette étude vise à évaluer la qualité de l'air en 2018, en regard des travaux engagés pour mise en conformité des rejets atmosphériques d'ArcelorMittal notamment en ce qui concerne le benzène et les oxydes d'azote.

Les résultats obtenus sont mis en perspective avec ceux observés au cours des années antérieures (AtmoSud, 2006, 2011, 2013).

### 1.1.1 ArcelorMittal

ArcelorMittal Méditerranée s'étend sur une superficie totale de 11 km<sup>2</sup> (Figure 1). Sur ce site sont produits plus de 120 types d'acier à destination de multiples secteurs (automobile, bâtiment gazoducs...), mais la production de bobines laminées à chaud reste prédominante. Sa capacité de production est supérieure à 4 millions de tonnes.

Afin de produire l'acier, le site dispose d'une usine d'agglomération du minerai de fer et une de transformation du charbon en coke (cokerie) ainsi que de hauts fourneaux (2), convertisseurs à oxygène (2), d'installation à coulées continues (2), d'une installation de métallurgie de traitement en poche et d'une usine de laminoir à chaud.

Le processus de fabrication de l'acier employé peut être résumé comme suit : le minerai de fer et le charbon sont transformés respectivement en aggloméré dans le complexe d'agglomération et en coke dans la cokerie. Le coke et l'aggloméré sont ensuite mélangés par couches alternées dans les hauts fourneaux. La combustion du coke par insufflation d'air chaud (1200°C) provoque la fusion de l'aggloméré et produit de la fonte. Cette dernière est ensuite récupérée et est redirigée dans l'installation de métallurgie de traitement en poche. Les déchets produits par les hauts fourneaux (laitiers) sont stockés. Le traitement en poche permet d'éliminer les dernières impuretés grâce aux convertisseurs à oxygène et ainsi d'obtenir de l'acier. L'acier est ensuite mis à teneur en ajoutant différents métaux. Pour finir, l'acier est solidifié en brique grâce aux installations à coulées continues. Les briques sont enfin transformées en bobines par passage dans le laminoir à chaud.



**Figure 1: Localisation d'ArcelorMittal Méditerranée**

<sup>1</sup> Arrêté préfectoral N° 2016-9 DP du 23 mai 2017

<sup>2</sup> Arrêté préfectoral complémentaire N° 2017-322 PC du 26 février 2018

La fabrication du coke au sein de la cokerie ainsi que la fabrication de l'aggloméré s'accompagnent de la génération de différents composés gazeux, dont font partie le benzène et le NO<sub>2</sub> ; ces composés se retrouvent dans les émissions canalisées et diffuses. En 2017, 5830 tonnes de NO<sub>x</sub> ont été émises par ArcelorMittal FOS, ce qui représente 5,04 % des émissions nationales déclarées (« Irep | Géorisques NOX », 2017), et 30 tonnes de benzène, soit 9,19 % des émissions nationales déclarées (« Irep | Géorisques Benzène », 2017). L'évolution des émissions déclarées de ces polluants est détaillée en Tableau 1.

**Tableau 1: Émissions par année de benzène et NO<sub>x</sub> par ArcelorMittal FOS**  
données IREP<sup>3</sup>

	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010
<b>Benzène (tonnes/an)</b>	30,0	23,5	29,9	27,5	35,4	54,0	151,0	36,2
<b>NO<sub>x</sub> (tonnes/an)</b>	5830	5700	5820	7180	7610	6370	4880	5800

### 1.1.2 Objectifs de l'étude

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact de ce site sur la qualité de l'air aux alentours directs de l'aciérie, avec les conditions de fonctionnement actuel (réfection des fours en cours), ainsi que de comparer les résultats obtenus avec ceux relevés lors d'études antérieures.

## 1.2 Moyens mis en œuvre

Les niveaux de benzène et de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) sont mesurés en huit points par le biais de tubes passifs pendant toute l'année 2018. Un analyseur dynamique de composés organiques volatils (COV) a été également utilisé au cours de l'été 2018 au point n°7 avec une mesure météorologique ainsi que le suivi des particules ultrafines ([rapport AtmoSud 2018a](#)).

### 1.2.1 Points de mesure

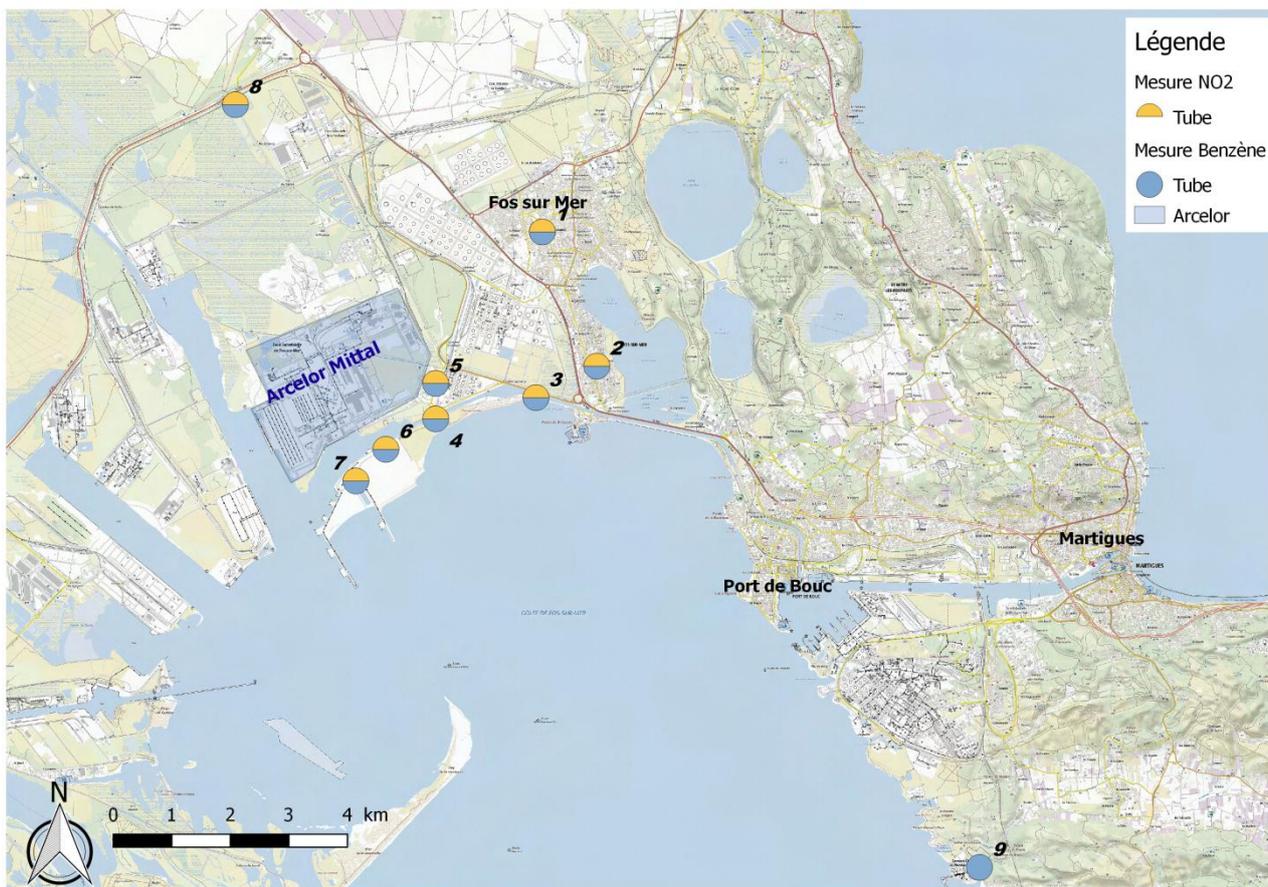
Les points de surveillance ont été retenus en tenant compte :

- des régimes de vents présents en ce secteur,
- de la localisation des bassins de vie,
- des lieux documentés dans le passé (AtmoSud, 2006, 2011, 2013).

Un point de surveillance supplémentaire en benzène situé à Martigues/les Laurons (n°9) sera développé en page 10, permettant d'apporter un élément d'appréciation hors zone de l'étude.

La localisation de ces points est détaillée en Figure 2.

<sup>3</sup> Registre des Émissions Polluantes



**Figure 2: Localisation des neuf points de mesure**

Le premier point est placé sur la station de mesure AtmoSud située à Fos-sur-Mer, dans le quartier résidentiel « les Carabins ». Le deuxième point toujours dans la ville de Fos-sur-Mer, au centre de la vieille ville, sur le site de l'Hauture. Ces deux points, équipés de tube passif pour la mesure du NO<sub>2</sub> et du benzène, permettent de quantifier l'exposition de populations résidentes dans les alentours du site d'ArcelorMittal. Le site n°3 est situé à proximité de la plage du Cavaou, lieu ouvert au public qui a été investigué régulièrement dans le passé.

Les sites 4, 5, 6 et 7 sont des sites accessibles seulement aux « travailleurs », situés dans des enceintes industrielles. Le point 4 est situé au niveau du poste de garde, permettant d'accéder au terminal méthanier du Cavaou. Le site n°5 se situe au niveau d'un des accès à ArcelorMittal. Les points 6 et 7 sont placés dans le périmètre du terminal méthanier.

Pour ces 7 sites, les mesures par tubes passifs ont débuté le 30 janvier 2018, jusqu'à la fin de l'année 2018. Tous ces points, à l'exception du point 2, présentent un historique de mesure en benzène. Pour le NO<sub>2</sub>, un historique de mesures réalisées par AtmoSud est disponible pour les points 1, 2, 3, 6 et 7.

Le point 8, placé à la Fossette permet d'avoir une vision des émissions qui pourraient se retrouver au nord de l'aciérie (mesure en NO<sub>2</sub> et benzène), transportées par les vents de Sud. Le point 9 (Martigues/les Laurons, mesure en benzène) donne une indication des niveaux en benzène observés à proximité d'un autre type d'industrie, tout en restant proches de notre site d'étude. Pour ces deux points, les mesures ont débuté plus tard dans l'année, avec un début le 3 juillet 2018 pour le site 8 et le 26 juin 2018 pour le site 9.

L'Ouest d'ArcelorMittal n'est pas équipé en tubes passifs; cette zone exclusivement industrialisée (travailleurs), avec la présence de terminaux minéralier et conteneur et de différentes industries (KemOne, Lyondell Chimie<sup>4</sup>...) n'entre pas dans le champ de cette étude 2018. Ces lieux ont fait l'objet de mesure de benzène en 2005 (AtmoSud, 2006) et les résultats obtenus montrent des concentrations annuelles de l'ordre de 1 µg/m<sup>3</sup> sur les différents points considérés.

<sup>4</sup> Plan des bassins Ouest – Zones portuaires, GPMM. Accessible depuis : <http://www.marseille-port.fr/fr/Accueil/>

## 1.2.2 Moyens de mesure

### 1.2.2.1 Mesure de dioxyde d'azote, NO<sub>2</sub>

La mesure du NO<sub>2</sub> est réalisée par le biais de tubes passifs, dit « de Palmes ». Le principe de fonctionnement de ces tubes est détaillé en ANNEXE 1. Les tubes à diffusion de Palmes, fournis par Gradko sont utilisés. Ces tubes sont utilisés par de nombreuses AASQA et notamment par AtmoSud. L'analyse de ces tubes à diffusion est assurée par Atmo Occitanie qui suit les recommandations de la coordination technique de la surveillance de la qualité de l'air (ADEME & LCSQA, 2002).

Les tubes sont relevés de façon hebdomadaire sur huit sites pendant la durée de la campagne.

### 1.2.2.2 Mesure benzène

La mesure du benzène est réalisée par le biais de tubes passifs à diffusion radiale. Le principe de fonctionnement de ces tubes est détaillé en ANNEXE 1. Ces tubes passifs radiaux, Radiello 145, utilisent le Carbograph4 comme adsorbant (type de charbon actif). Ces tubes sont utilisés par de nombreuses AASQA et notamment par AtmoSud. L'analyse de ces tubes à diffusion est assurée par SynAirGIE, suivant la norme NF EN 14662-4.

Les tubes sont relevés de façon hebdomadaire sur les neuf sites pendant la durée de la campagne.

### 1.2.2.3 Mesure dynamique

Au point 7, une remorque mobile équipée d'un analyseur de COV (Composés Organiques Volatils) et d'une station météo (vitesse et sens du vent) a été placée durant l'été 2018 (du 18 juin au 31 juillet). Le système analytique est un VOC72M (Environment S.A.), qui réalise le prélèvement et pré-concentration de l'échantillon (thermo-désorption) puis la séparation (chromatographie en phase gazeuse) et quantification (PID/ détecteur par photoionisation). Ce système permet d'obtenir des mesures quart-horaire.

Les principaux COV mesurés sont le benzène, toluène, xylène (m,p-xylène et o-xylène) et l'ammoniac.

Au même point, un compteur de particules fines et très fines (compteur GRIMM EDM 265, particules de 0,2 à 34 µm) a été placé du 1<sup>er</sup> au 31 juillet 2018. Les résultats sont détaillés dans le [rapport AtmoSud, 2018a](#).

## 2. Résultats

### 2.1 Dioxyde d'azote : NO<sub>2</sub>

Le dioxyde d'azote fait partie des oxydes d'azotes (NO<sub>x</sub>), rejetés dans l'atmosphère par des sources biogéniques, tels que les orages et les activités volcaniques, mais surtout par des sources anthropiques comme la combustion des combustibles fossiles et plus particulièrement les gaz d'échappement des voitures et des navires, les industries et la production d'énergie.

Le NO<sub>2</sub> peut être émis directement (polluant primaire) ou peut provenir de réaction atmosphérique entre d'autres polluants, par exemple l'oxydation du NO (monoxyde d'azote) ; on parle alors de polluant secondaire.

Sa source principale est le trafic routier et sa concentration est généralement plus importante au niveau des axes routiers.

Non classé comme cancérigène (UE, US EPA<sup>5</sup> et CIRC<sup>6</sup>), il reste irritant pour les bronches, provoquant une augmentation de la fréquence et de la gravité des crises d'asthme et favorisant les infections pulmonaires infantiles.

---

<sup>5</sup> United States Environmental Protection Agency (Agence américaine de protection de l'environnement)

<sup>6</sup> Centre International de Recherche sur le Cancer

La réglementation impose un seuil à 40 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle à ne pas dépasser dans l'air ambiant. La valeur annuelle à ne pas dépasser recommandée par l'OMS<sup>7</sup> est également de 40 µg/m<sup>3</sup>.

### 2.1.1 Résultats de l'année 2018

Les résultats des mesures par tubes à diffusion de Palmes couvrent la période du 30 janvier au 27 novembre 2018 (du 3 juillet au 27 novembre 2018 pour le tube 8), ce qui représente un taux de couverture de l'année de plus de 75 % (sauf au point 8, 38%).

**Tableau 2: Mesures du NO<sub>2</sub> sur l'année 2018**

Point	Pourcentage de l'année couverte	Moyenne NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]
1	81 %	11
2	81 %	11
3	81 %	12
4	81 %	11
5	77 %	14
6	81 %	14
7	81 %	14
8	38 %	8

Les concentrations moyennes obtenues (voir Tableau 2) sont considérées comme les moyennes annuelles, et sont à mettre en comparaison avec la valeur limite présentée plus haut.

Les résultats obtenus sont détaillés sur la carte (Figure 3). L'ensemble des résultats est inférieur à 16 µg/m<sup>3</sup> (soit deux cinquièmes de la valeur limite). Les valeurs les plus élevées (14 µg/m<sup>3</sup>) sont obtenues aux points 5, 6 et 7. Le point 5 est situé à l'entrée « véhicules » d'ArcelorMittal ; la présence de véhicules peut expliquer le niveau relevé à ce point. Les points 6 et 7 sont dans un espace directement industrialisé. Le niveau le plus bas est relevé au point 8 qui est le point le plus éloigné du site industriel et qui subit le moins l'influence de la circulation routière.

Durant l'été 2018, des mesures du même type ont été réalisées à Marseille dans le quartier Euromed. Ces sites urbains, certains avec une influence trafic d'autre de fond, présentent en moyenne (tous sites confondus) une concentration en NO<sub>2</sub> de 48 µg/m<sup>3</sup>.

À Martigues/l'Ile, la concentration de NO<sub>2</sub> sur l'année 2018 est de 16 µg/m<sup>3</sup> ; à Marignane, les concentrations mensuelles sont comprises entre 16 et 30 µg/m<sup>3</sup>. Pour Fos/Carabins, la moyenne annuelle en NO<sub>2</sub> est de 11 µg/m<sup>3</sup>. Ces mesures sont réalisées par analyseurs automatiques API200E (chimiluminescence).

**Les niveaux de NO<sub>2</sub> annuels sont inférieurs à 16 µg/m<sup>3</sup> (correspondant à deux cinquièmes de la valeur limite) en tous points de mesure aux alentours d'ArcelorMittal.**

<sup>7</sup> Organisation Mondiale de la Santé

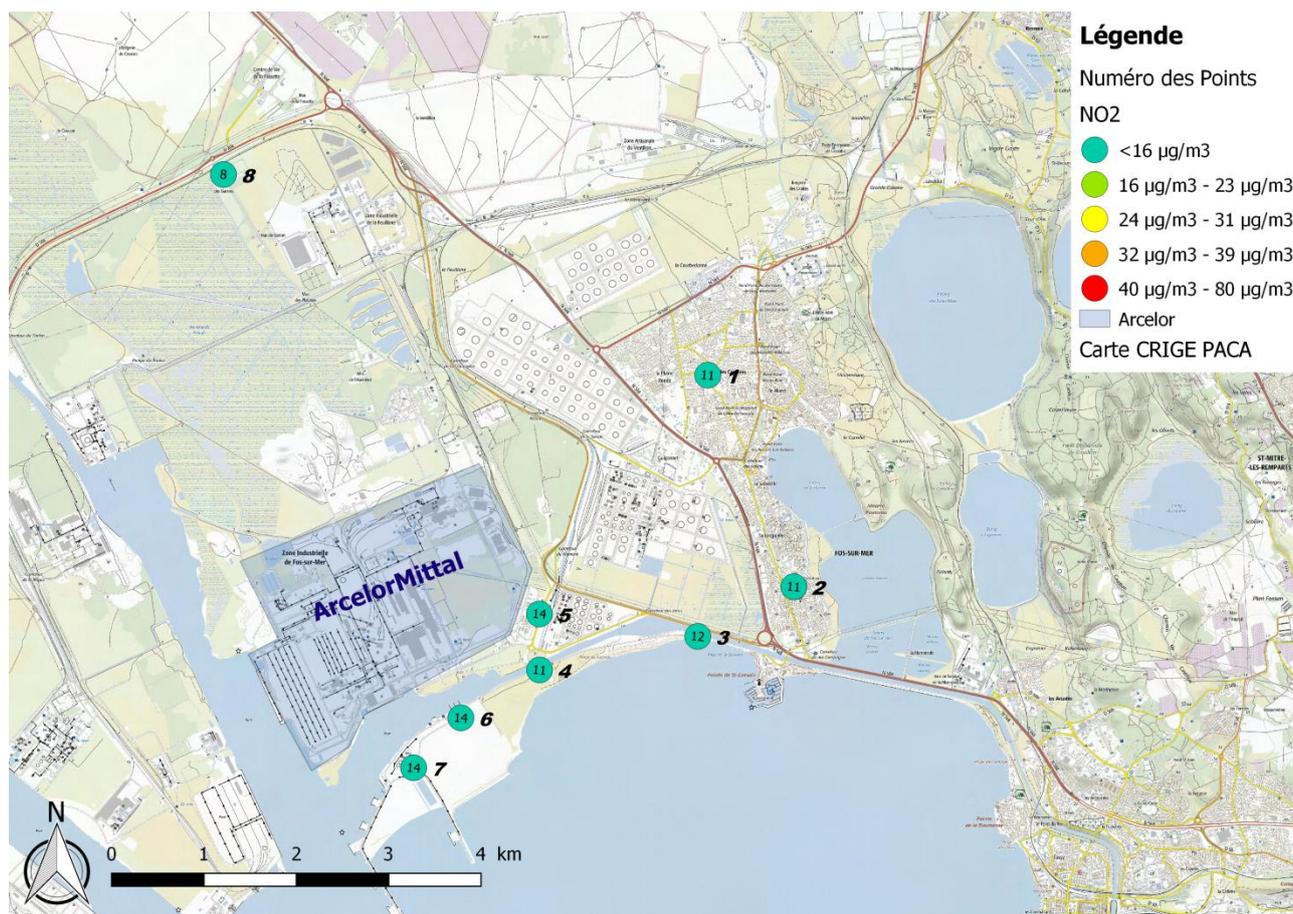


Figure 3 : Moyenne des concentrations en NO<sub>2</sub>

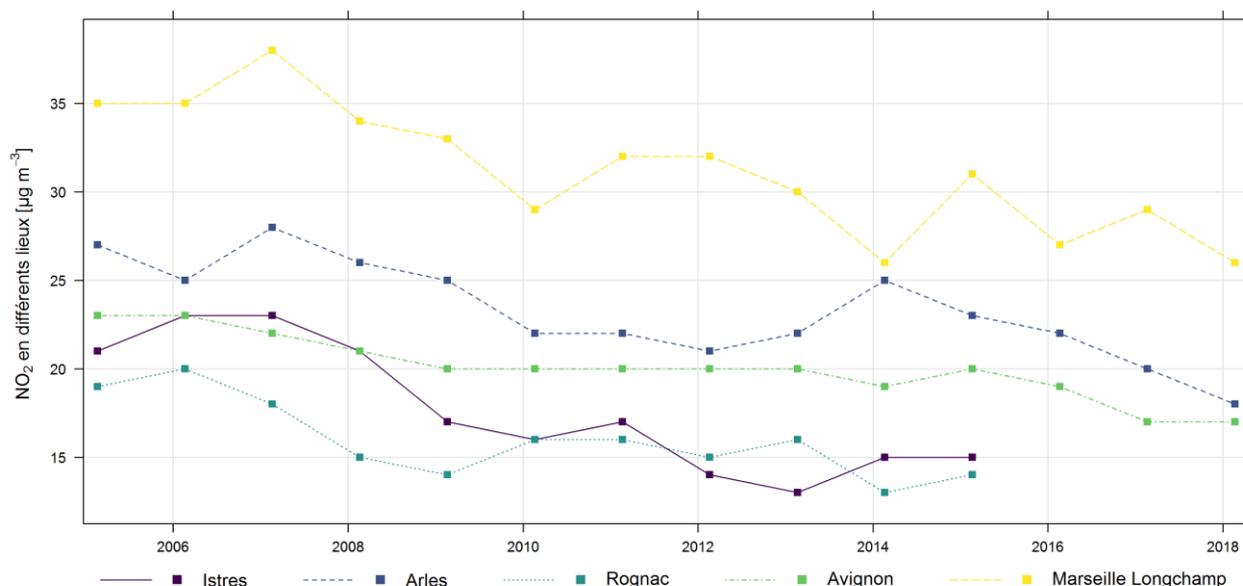
### 2.1.2 Comparaison avec les années antérieures

Des mesures de NO<sub>2</sub> ont été effectuées lors des études précédentes, soit par tubes à diffusions de Palmes (2005 et 2011), soit par analyseur automatique (2013).

**Tableau 3 : Évolution des niveaux de NO<sub>2</sub> (2005 - 2018)**  
(Mesures par tubes à diffusion de Palmes, sauf 2013 mesure par analyseur automatique)

Lieu	2005	2011	2013	2018	Tendance
Point 1		15		11	↘
Point 2		13		11	↘
Point 3	15			12	↘
Point 4				11	--
Point 5				14	--
Point 6	21	18	14	14	↘
Point 7	20	18	17	14	↘
Point 8	10			8	↘

Les niveaux mesurés en 2018 sont en légère diminution depuis 2005 (voir Tableau 3). Cette diminution entre 2005 et 2018 se retrouve sur l'ensemble des mesures du territoire, comme détaillé en Figure 4, et s'explique par l'amélioration des émissions de véhicules (par l'utilisation de pot catalytique, par exemple). Une réduction d'environ 28 % est relevée sur les sites d'Istres, Arles, Rognac, Avignon, et Marseille/Longchamp entre 2005 et 2018. Pour les points 3, 6, 7 et 8, la diminution entre 2005 et 2018 est comprise entre 33 % et 20 % ; pour les points 1 et 2, une diminution de 20 % est obtenue. Les diminutions observées dans les villes des Bouches-du-Rhône et celles observées pour les différents points de cette étude sont équivalentes.



**Figure 4: Niveaux annuels de NO<sub>2</sub> relevés dans différentes villes des Bouches-du-Rhône**

Si le trafic routier est une importante source de NO<sub>2</sub>, l'influence de l'industrie et de la production d'énergie ne doit pas être négligée. Cependant, vu les niveaux relevés aux différents points de mesure ainsi que les diminutions observées, le fonctionnement actuel d'ArcelorMittal n'est pas perceptible sur les niveaux de NO<sub>2</sub>.

## 2.2 Benzène

Le benzène est l'hydrocarbure aromatique le plus simple, de formule brute C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, représenté en Figure 5. Le benzène peut avoir une origine biogénique (feux de forêt, activité volcanique), cependant la majeure partie est d'origine anthropique, soit provenant de l'utilisation de transports et de l'émanation de combustibles fossiles (essence, fuel), soit d'une origine industrielle.

En effet, le benzène est un composant des mélanges complexes issus du craquage ou du reformage catalytique d'hydrocarbures pétroliers. En France, une faible proportion de benzène reste issue du processus de cokéfaction et plus généralement de la sidérurgie.

Les principaux emplois du benzène sont :

- l'industrie chimique, où il sert de matière première de synthèse organique (fabrication plastiques, résines polyesters, solvants...),
- l'industrie pétrolière, où il entre dans la composition des carburants,
- utilisation comme solvant d'extraction (parfumerie).

Le benzène est un cancérogène connu pour l'être humain, entraînant l'apparition de leucémie ; il est classé depuis 1987 dans le groupe 1 (cancérogène prouvé chez l'homme) par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC, 2012) et dans la classe C1 par la Commission des Communautés Européennes. Il est aussi classé comme mutagène de niveau 1B (capacité d'induire des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains supposée) (Union Européenne, 2008).

Les valeurs toxicologiques de références (VTR) données par l'ANSES<sup>8</sup> pour l'inhalation chronique sont :

- 10 µg/m<sup>3</sup> pour la VTR à seuil,
- 2,6.10<sup>-5</sup> (µg/m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup> pour la VTR sans seuil.

La réglementation impose une concentration limite annuelle de 5 µg/m<sup>3</sup>, ainsi qu'un objectif de qualité de 2 µg/m<sup>3</sup>.



**Figure 5:  
Représentation  
topologique du  
benzène**

<sup>8</sup> Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

## 2.2.1 Résultats de l'année 2018

### 2.2.1.1 Moyennes annuelles

Les mesures benzène ont été réalisées de façon hebdomadaire pendant l'année 2018 du 30 janvier au 17 décembre 2018 (à partir du 3 juillet pour le point 8 et du 26 juin pour le point 9). Les points 8 et 9 ont été couverts plus de 40 % de l'année tandis que les points de 1 à 7 présentent tous un taux supérieur à 75 %.

**Tableau 4: Mesures du benzène sur l'année 2018**

Point	Pourcentage de l'année couverte	Moyenne benzène [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
1	84 %	1,1
2	85 %	1,1
3	85 %	1,4
4	79 %	1,6
5	79 %	1,9
6	81 %	1,6
7	84 %	4,6
8	42 %	0,7
9	44 %	1,2

Les concentrations moyennes obtenues (détaillées en Tableau 4) sont considérées comme les moyennes annuelles consolidées, et peuvent donc être comparées avec les valeurs de référence détaillée plus haut.

Huit des neuf sites présentent une moyenne annuelle en benzène inférieure à l'objectif de qualité de  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Seul le point 7 présente un niveau supérieur à cet objectif, tout en restant en deçà de la valeur limite annuelle ( $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Les résultats obtenus sont représentés sur la carte en Figure 6. Il est important que noter que tous les points situés dans des zones habitées (points 1 et 2) ou dans des zones de loisir (point 3) présentent des niveaux de benzène inférieurs à l'objectif de qualité. Les points dans les zones professionnelles présentent les niveaux les plus élevés, avec une moyenne annuelle de  $4,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  au point 7. Ce point a été instrumenté durant l'été 2018 avec un analyseur dynamique de COV ; les résultats obtenus sont présentés en page 16.

Ces résultats sont comparés avec les résultats obtenus au cours de l'année 2018 à Marseille (Tableau 5), en trois lieux (Longchamp, Rabatau et Château Saint Antoine).

Sur le site de Marseille/Longchamp, la concentration en benzène de l'année 2018 est équivalente à celle des points 1 (Fos-sur-Mer/Carabins) et 2 (Fos-sur-Mer/Hauture). Les points 3, 4, 5, 6 présentent des concentrations annuelles inférieures à celles relevées dans les deux autres sites marseillais. Les mesures à Château Saint Antoine (11<sup>ème</sup> arrondissement de Marseille)

**Tableau 5 : Moyennes annuelles de benzène relevées à Marseille en 2018**

Site	Type de site	Benzène [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Longchamp	fond urbain	1,1
Rabatau	proximité trafic	2,4
Château Saint Antoine	fond à influence industrielle	2,0

montrent un niveau équivalent à l'objectif de qualité ( $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) alors que les mesures à Marseille/Rabatau le dépassent. Ces niveaux peuvent s'expliquer par l'influence industrielle et la relative proximité avec l'A50 pour Château Saint Antoine ; le site de Rabatau est quant à lui à proximité d'un des axes routiers les plus importants de Marseille, ce qui explique que la concentration relevée soit la plus importante des trois. Il faut noter que ce site est néanmoins fortement habité. La concentration relevée au point 7 de notre étude reste largement supérieure à celle relevée à Marseille/Rabatau, confirmant une influence directement industrielle.

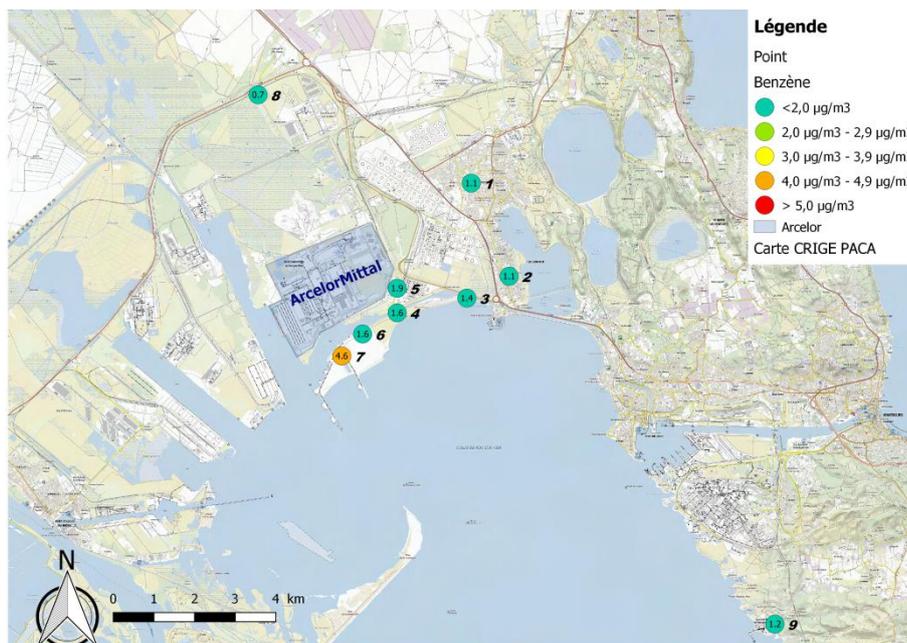


Figure 6 : Représentation cartographique des niveaux de benzène (2018)

### 2.2.1.2 Résultats hebdomadaires

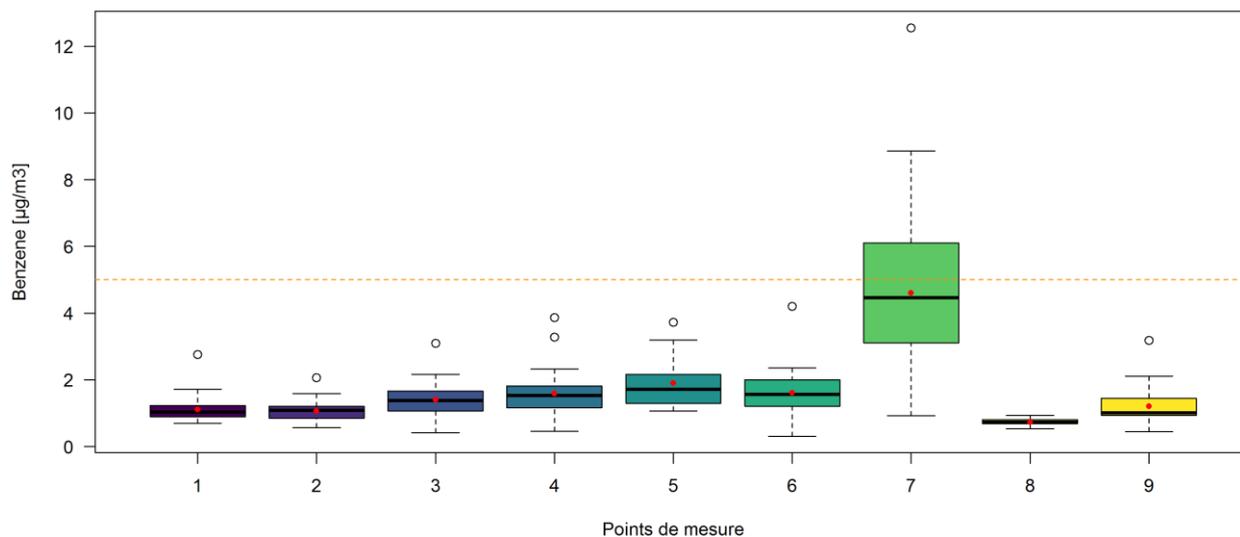


Figure 7: Représentation boxplot des résultats hebdomadaires.

La barre noire dans chaque boîte représente la médiane tandis que le point rouge représente la moyenne. La ligne pointillée orange représente 5 µg/m<sup>3</sup>.

Les mesures sont réalisées par des tubes à diffusion radiale ; elles intègrent les niveaux de pollution sur une semaine. Les résultats hebdomadaires obtenus sur les neuf sites sont représentés sous forme de *boxplot* (ou boîte à moustache, un guide de lecture de ce type de représentation graphique est donné en ANNEXE 1).

Les résultats représentés en Figure 7 reprennent l'ensemble des mesures. Le nombre de mesures ainsi que les valeurs moyennes, médianes et maximums sont présentés en Tableau 6.

**Tableau 6 : Résultats obtenus pour les mesures hebdomadaires en benzène**

	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5	Point 6	Point 7	Point 8	Point 9
Nombre de mesure	43	44	44	41	41	42	43	22	23
Moyenne	1,1	1,1	1,4	1,6	1,9	1,6	4,6	0,7	1,2
Médiane	1,0	1,1	1,4	1,5	1,7	1,6	4,5	0,7	1,0
Maximum	2,8	2,1	3,1	3,9	3,7	4,2	12,6	0,9	3,2
Percentile 95	1,6	1,5	2,1	2,3	3,2	2,3	7,8	0,9	2,1
Minimum	0,7	0,7	0,7	0,8	1,1	0,7	1,4	0,5	0,6
Nombre de mesures supérieures à 5 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0	13	0	0
Nombre de mesures inférieures à 2 µg/m <sup>3</sup>	42	43	40	33	28	32	6	22	21

Seul le point 7 présente des semaines avec des concentrations supérieures à 5 µg/m<sup>3</sup> (valeur limite annuelle) ; sur les 43 semaines de mesure effective, 13 présentent des concentrations supérieures à la valeur limite annuelle, soit 30 %. Les points 1, 2 et 3 ont plus de 90 % de leurs mesures inférieures à 2 µg/m<sup>3</sup> (objectif de qualité annuel). Le détail des mesures hebdomadaires sur chaque site est représenté en ANNEXE 3.

**Les niveaux de benzène annuels sont inférieurs à 5 µg/m<sup>3</sup> en tous points de mesure et sont inférieurs à 2 µg/m<sup>3</sup> pour les points 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 et 9.**

**30 % des mesures hebdomadaires du point 7 dépassent le seuil de 5 µg/m<sup>3</sup> (valeur limite annuelle). Ce point est situé dans un lieu à usage uniquement professionnel.**

## 2.2.2 Évolution des niveaux de benzène depuis 2005

Les niveaux de benzène à Fos-sur-Mer ainsi que la partie ouest du GPM<sup>9</sup> sont surveillés depuis plusieurs années par AtmoSud ; cette surveillance permet de suivre l'évolution de ces niveaux (Tableau 7). Sur les sites 1, 3, 4, 5 et 6 une diminution est remarquée. Si cette diminution reste légère sur la plupart des sites, le site 3 (situé sur la plage du Cavaou) présente une diminution d'environ 1 µg/m<sup>3</sup> entre 2005 et 2018. Le site 8 conserve un niveau annuel de benzène inférieur à 1 µg/m<sup>3</sup>. La concentration de benzène au point 7 a varié suivant les années de mesure, mais reste centré sur une valeur de 4,5 µg/m<sup>3</sup>.

<sup>9</sup> Grand Port Maritime de Marseille

**Tableau 7 : Évolution des niveaux de benzène (2005 – 2018)**

Lieu	2005	2006	2007	2008	2011	2013	2015	2018	Tendance
Point 1		1,6	1	1,3	1,3	1,2	1,1	<b>1,1</b>	↘
Point 2								<b>1,1</b>	--
Point 3	2,5	2,4	1,3	1,7	2,0	1,9	1,5	<b>1,4</b>	↘
Point 4							2,0	<b>1,6</b>	↘
Point 5							2,8	<b>1,9</b>	↘
Point 6					1,7	2	1,6	<b>1,6</b>	↘
Point 7	4,6-5,4				4	3,7		<b>4,6</b>	=
Point 8	0,9							<b>0,7</b>	=
Point 9								<b>1,2</b>	--

## 2.2.3 Toxicité

Une Valeur Toxicologique de Référence (VTR) est un repère toxicologique qui permet de quantifier un risque pour la santé humaine. Elle exprime la relation dose-réponse, c'est-à-dire la relation quantitative entre un niveau d'exposition (« dose ») à un agent dangereux (ici, le benzène) et l'incidence observée (« réponse ») d'un effet indésirable donné. Cette appellation regroupe toutes les relations quantitatives entre une dose et l'apparition d'un effet lié à une exposition aiguë ou chronique continue et répétée dans le temps (effets à seuil).

Ainsi, pour les effets à seuil, une VTR désigne la dose (ou la concentration) en deçà de laquelle la survenue d'un effet n'est pas attendue.

Il existe également une VTR dite « sans seuil », celle-ci concerne des effets principalement cancérigènes génotoxiques, pouvant apparaître quelle que soit la dose à laquelle l'Homme est exposé. Cette VTR sans seuil est définie comme un excès de risque unitaire (ERU) : il s'agit de la pente de la relation linéaire entre la probabilité d'effets associée à une faible dose et cette faible dose.

Les VTR pour les effets à seuil et sans seuil concernant le benzène sont citées plus haut et rappelées dans le Tableau 8. Elles ont été construites par l'ANSES.

**Tableau 8 : Valeurs Toxicologiques de Références du benzène, pour une exposition chronique par inhalation**

	Valeur Toxicologique de Référence	Organisme	Effet critique retenu
Effets à seuil	10 µg/m <sup>3</sup>	ANSES	Effets hématologiques non cancérigènes (ANSES, 2008)
Effets sans seuil	2,6.10 <sup>-5</sup> (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	ANSES	Effets cancérigènes (ANSES, 2014)

### 2.2.3.1 Comparaison des résultats aux VTR

La méthodologie de comparaison aux VTR utilisée dans cette partie s'appuie sur la méthodologie d'évaluation prospective des risques sanitaire, détaillée dans le guide INERIS (INERIS, 2013).

Dans un premier temps, il est nécessaire de définir un scénario d'exposition qui détaille le temps passé par l'individu dans la zone impactée. Ici il est choisi de prendre le cas d'un scénario dit « habitant majorant », c'est-à-dire le cas où l'habitant passe 100% du temps au niveau des points 1, 2, 3, 8 et 9. Pour les points 4, 5, 6 et 7, c'est le scénario « habitant travailleur » qui est retenu ; en effet, ces sites sont des lieux de travail et n'ont pas de vocation résidentielle. Dans ce cas, il est considéré que les personnes présentes en ces lieux y passent 20 % de leur temps (il est considéré un temps de présence de 8h par jour, 218 jours par an).

Ainsi dans le cas « habitant majorant », la concentration moyenne inhalée (CI) est égale à la concentration moyenne mesurée, tandis que dans le cas « habitant travailleur », la CI correspond à 20 % de la concentration moyenne mesurée.

## ► Effets à seuil

**Tableau 9 : Quotients de dangers concernant l'exposition chronique des populations au benzène sur les sites de mesures**

Site	Scénario	QD
Point 1	Habitant majorant	0,11
Point 2	Habitant majorant	0,11
Point 3	Habitant majorant	0,14
Point 4	Habitant travailleur	0,03
Point 5	Habitant travailleur	0,04
Point 6	Habitant travailleur	0,03
Point 7	Habitant travailleur	0,09
Point 8	Habitant majorant	0,07
Point 9	Habitant majorant	0,12

Le quotient de danger (QD) est un indicateur de risque, il permet de quantifier le risque potentiellement encouru par la population exposée à la pollution étudiée pour des effets à seuil. Pour l'inhalation, en prenant en compte la VTR des effets à seuil chronique de benzène, le QD est calculé suivant la formule :  $QD = \frac{CI}{VTR}$ .

Les quotients de dangers pour des effets à seuil sur une exposition chronique au benzène, sur chacun des sites de mesures, sont présentés dans le Tableau 9.

Tous les QD sont ici inférieurs à 1 ; la survenue d'un effet toxique dû au benzène dans les 9 sites de mesure pour les conditions spécifiées apparaît comme peu probable.

Les QD obtenus pour les sites de Marseille sont aussi inférieurs à 1 avec des valeurs de 0,11 ; 0,24 et 0,20 pour Longchamp, Rabatau et Château Saint Antoine, respectivement.

## ► Effets sans seuil

L'excès de risque individuel (ERI) est l'indicateur de risque qui permet de quantifier le risque potentiellement encouru par la population exposée à la pollution étudiée, pour des effets sans seuil. Il est calculé suivant la formule :

$$ERI = \frac{CI \times T_i}{T_m} \times ERU$$

Avec :

- $T_i$ , la durée de la période d'exposition, ici il est considéré une période de 30 ans,
- $T_m$ , la durée de temps sur laquelle l'exposition est rapportée, il est communément choisi d'utiliser le temps de vie moyen de 70 ans,
- ERU, Excès de Risque Unitaire, correspondant ici à la VTR sans seuil.

**Tableau 10 : Excès de risque individuels concernant l'exposition chronique des populations benzène sur les sites de mesures**

Site	Scénario	ERI
Point 1	Habitant majorant	1,2.10 <sup>-5</sup>
Point 2	Habitant majorant	1,2.10 <sup>-5</sup>
Point 3	Habitant majorant	1,6.10 <sup>-5</sup>
Point 4	Habitant travailleur	3,5.10 <sup>-7</sup>
Point 5	Habitant travailleur	4,2.10 <sup>-7</sup>
Point 6	Habitant travailleur	3,6.10 <sup>-7</sup>
Point 7	Habitant travailleur	1,0.10 <sup>-6</sup>
Point 8	Habitant majorant	8,9.10 <sup>-6</sup>
Point 9	Habitant majorant	1,3.10 <sup>-5</sup>

Les ERI pour des effets sans seuil sur une exposition chronique au benzène sur chacun des sites de mesures, sont présentés dans le Tableau 10.

Pour les points où le scénario « habitant majorant » est considéré, seul le point 8 présente un ERI inférieur à 1.10<sup>-5</sup>, qui correspond à une probable absence de risque. Sur les autres sites « habitant majorant », il n'est pas possible de conclure à l'absence de risque de développer des effets cancérigènes pour la population habitant ces zones. Les sites de Marseille/Longchamp, Rabatau et Château Saint Antoine présentent également des ERI supérieurs à 1.10<sup>-5</sup> (le scénario « habitant majorant » a été pris en compte), avec des valeurs de 1,2.10<sup>-5</sup> ; 2,7.10<sup>-5</sup> et 2,2.10<sup>-5</sup> respectivement.

Afin de maintenir un ERI inférieur à 1.10<sup>-5</sup>, la concentration annuelle doit rester inférieure à 0,9 µg/m<sup>3</sup>. L'étude SCENARII (AtmoSud, 2018b) menée par AtmoSud montre néanmoins qu'un ERI inférieur à 1.10<sup>-5</sup> est obtenu pour la majeure partie des zones du pourtour de l'étang de Berre, avec un dépassement localisé autour du golfe de Fos, vers la zone industrielle de Berre-l'Étang, au niveau de la ville de Marignane et de la zone industrielle de Châteauneuf/La Mède.

Pour les sites correspondant à un usage professionnel uniquement (scénario « habitant travailleur »), les ERI restent inférieurs à 1.10<sup>-5</sup>, ce qui correspond à une absence de risque. Il faut néanmoins souligner que ces ERI sont calculés uniquement pour une présence de 20 % du temps sur ces sites, et ne prennent pas en compte les autres 80 % du temps des personnes concernées.

Les QD sont inférieurs à 1 sur tous les sites, témoignant d'un effet toxique à seuil du benzène peu probable.

Les ERI sont supérieurs à  $1.10^{-5}$  pour les points 1, 2, 3 et 9, ne permettant pas de conclure à l'absence de risques cancérigènes sur ces sites.

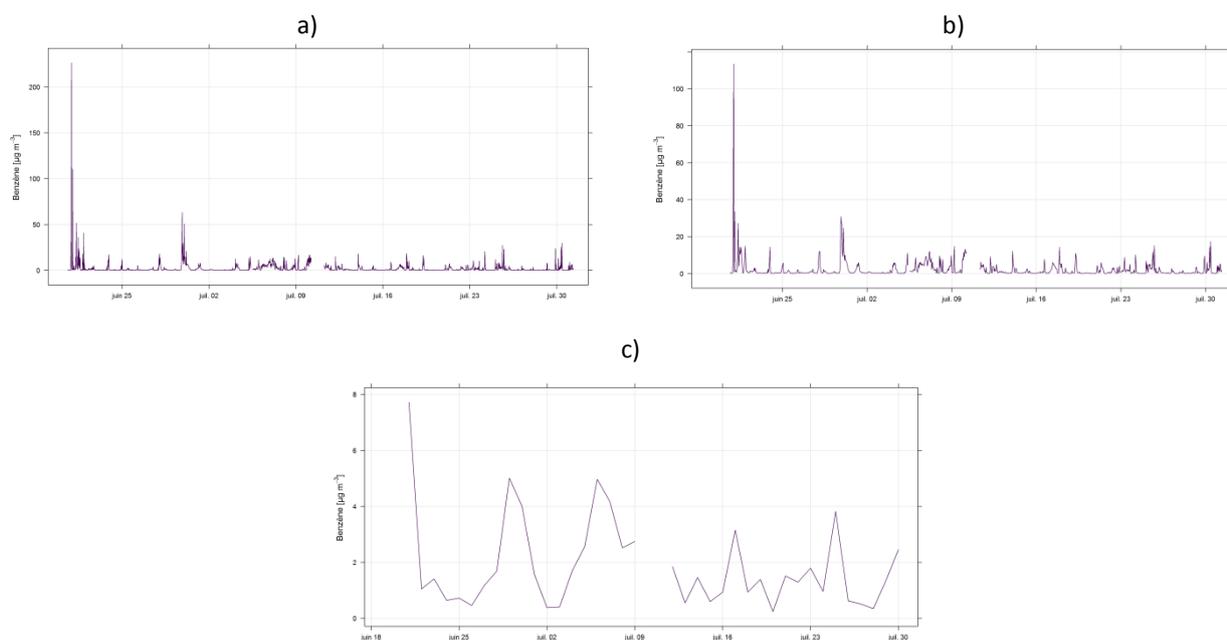
Les ERI restent inférieurs à  $1.10^{-5}$  sur la majeure partie des zones du pourtour de l'étang de Berre (étude SCENARII).

## 2.3 Mesures dynamiques au point 7

Le point 7 présente les niveaux de benzène les plus importants, et ce, depuis 2005. Afin de mieux connaître les origines potentielles de ces niveaux, un analyseur en ligne de COV<sup>10</sup>, ainsi qu'une station de mesure anémométrique ont été placés au niveau de ce point, du 18 juin au 31 juillet 2018. Cet analyseur de COV produit des mesures quart-horaires, donnant ainsi en quasi-temps réel les niveaux de concentrations.

Les concentrations relevées en benzène sont présentées dans la Figure 8 ; la figure a) reprend les moyennes quart-horaires, la b) les moyennes horaires et la c) les moyennes journalières. Il est important de noter la variation dans l'échelle des concentrations sur ces trois graphiques, celle pour les données quart-horaires étant bien supérieure à celle des moyennes journalières. La concentration de benzène atteint régulièrement des niveaux supérieurs à  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sur les mesures horaires et quart-horaires, mais ces valeurs ponctuelles ne se retrouvent pas au niveau journalier.

Par exemple, le maximum relevé pour les moyennes journalières est de  $7,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , alors que le maximum est égal à  $113,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les données horaires et à  $226,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les données quart-horaires.



**Figure 8: Concentrations de benzène au point 7 (du 18 juin au 31 juillet 2018).**  
a) moyennes quart-horaires b) moyennes horaires c) moyennes journalières

### 2.3.1 Origines du benzène

Afin de déterminer l'origine potentielle de ces niveaux de benzène, les données sont représentées sous forme de rose des pollutions. Ce type de représentation prend en compte les concentrations de benzène quart-horaire et les données de vitesse et de direction de vent (quart-horaire aussi). Pour chaque couple « vitesse – direction » de vent, la moyenne des concentrations en benzène correspondant est calculée et représentée en Figure 9. Un guide de lecture est disponible en ANNEXE 4.

<sup>10</sup> Composés Organiques Volatils

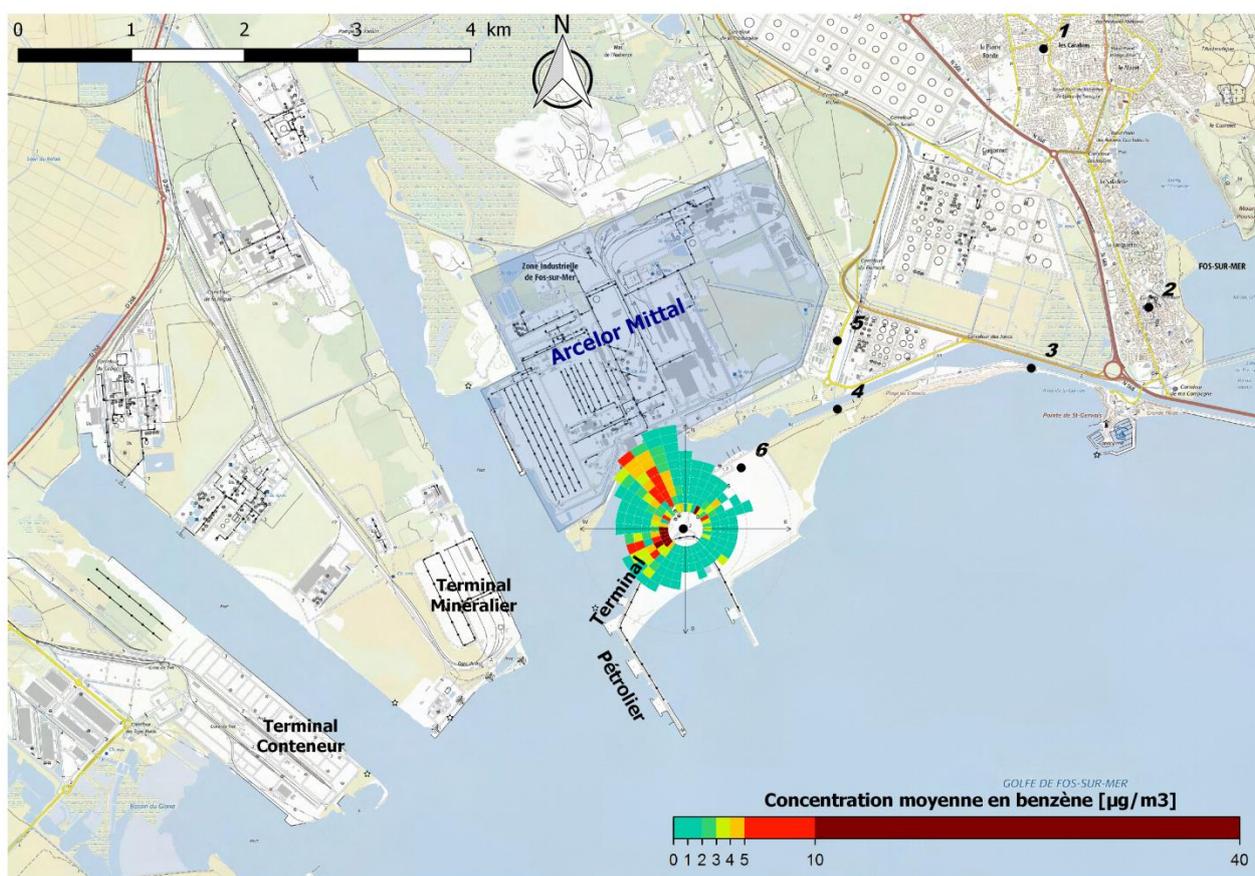
Ainsi, le benzène a deux origines distinctes :

- Nord-Ouest (NO), avec des niveaux moyens de benzène importants (entre 4 et 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ),
- Ouest-Sud-Ouest (OSO), avec des niveaux moyens de benzène intenses (jusqu'à 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Il faut noter que pour l'origine Ouest-Sud-Ouest, les niveaux les plus importants sont obtenus pour des vents de faibles vitesses, témoignant d'une origine proche du lieu de mesure, tandis que pour l'origine Nord-Ouest, les vents avec une vitesse comprise entre 2 et 9 m/s contribuent à l'apport du benzène au point 7.

La représentation de la rose des pollutions en Figure 9 montre que l'origine Ouest-Sud-Ouest correspond au terminal pétrolier, qui est extrêmement proche du point de mesure ; l'origine Nord-Ouest quant à elle pointe vers ArcelorMittal. Les niveaux de benzène relevés au point 7 depuis plusieurs années sont donc potentiellement dus aux émissions provenant d'ArcelorMittal et du terminal pétrolier.

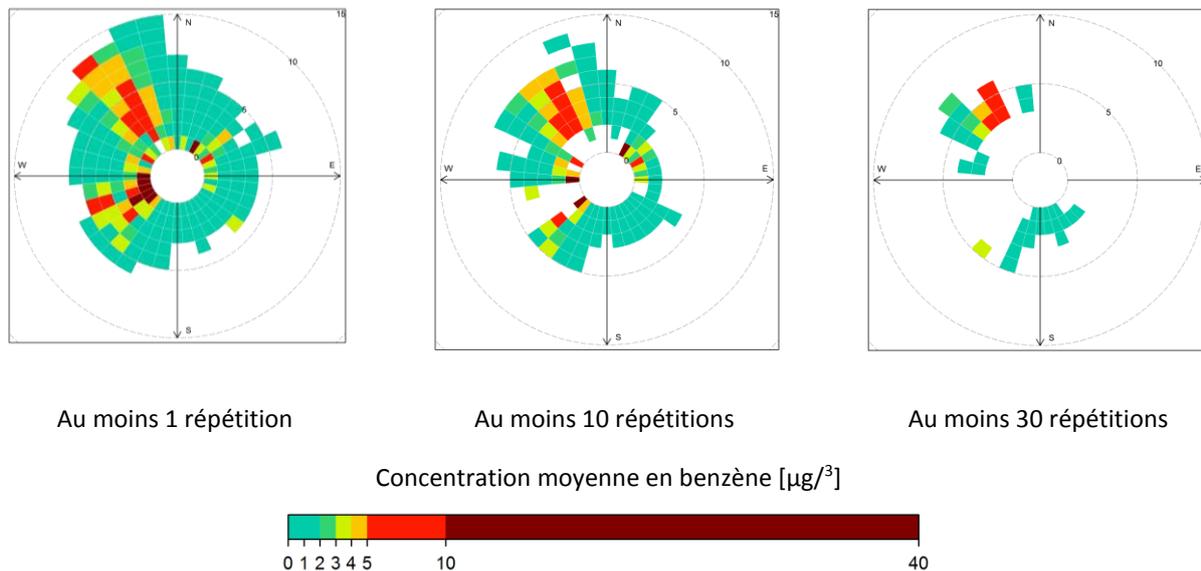
*Le code couleur employé ici est celui attribué par AtmoSud pour les polluants réglementés. Il faut cependant garder à l'esprit que ce code couleur est particulièrement adapté pour la représentation des moyennes annuelles alors que les mesures ici n'ont été réalisées qu'entre le 18 juin et le 31 juillet 2018.*



**Figure 9 : Représentation sous forme de rose des pollutions des données quart horaire de benzène (du 18 juin au 31 juillet 2018)**

## 2.3.2 Fréquence et contribution

La rose de pollution du benzène est réalisée plusieurs fois en faisant varier le nombre minimal d'occurrences par couple de vent. Les nombres d'occurrences utilisés sont 1 ; 10 et 30.

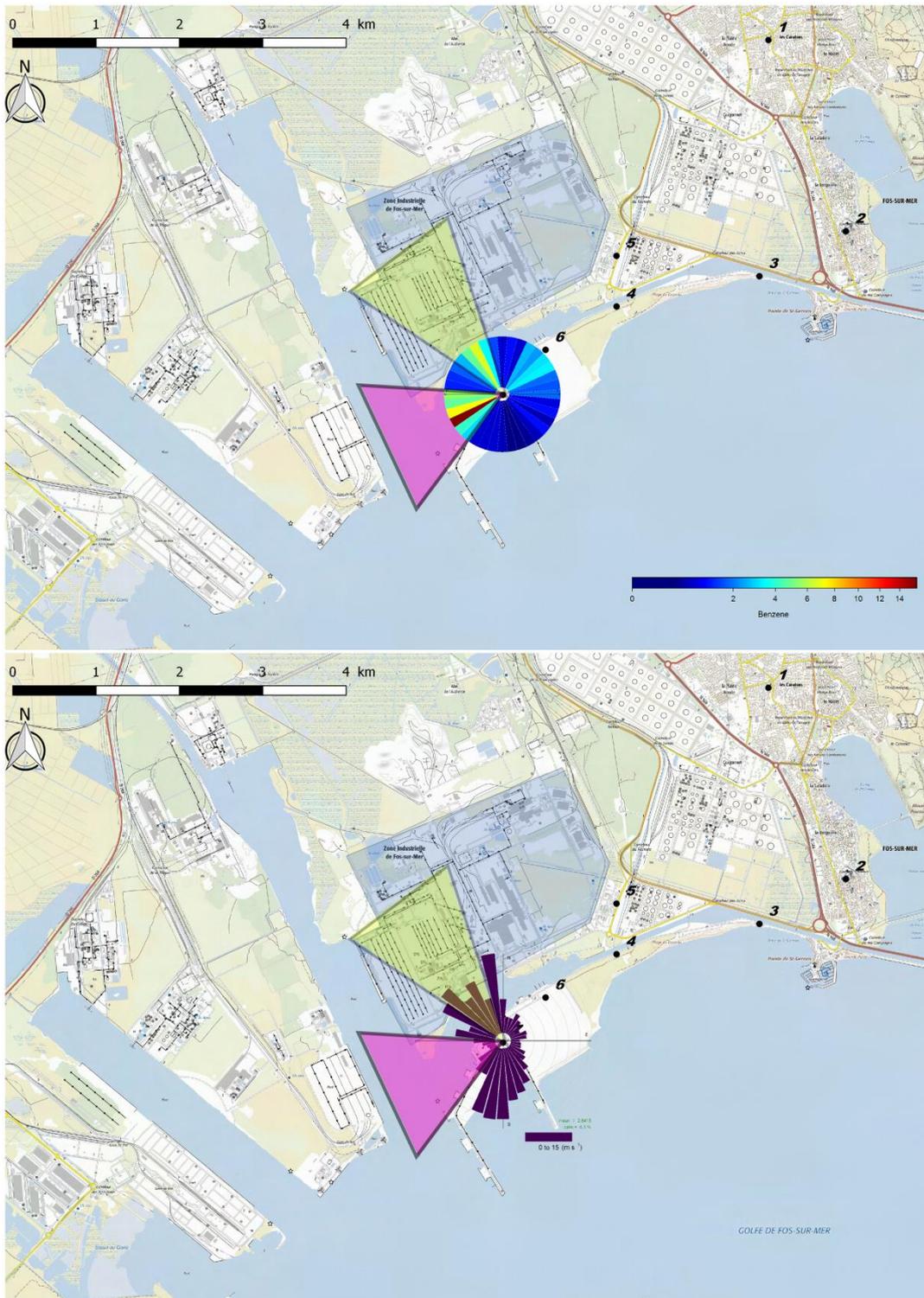


**Figure 10: Roses des pollutions en benzène au point 7, en faisant varier le nombre d'occurrences minimales**

La variation du nombre minimal d'occurrences, représentée en Figure 10 montre qu'au-dessus de 30 occurrences, la source Ouest-Sud-Ouest, correspondant au terminal pétrolier, n'a plus influence dans le benzène mesuré au point 7, sa contribution commençant à diminuer à partir de 10 occurrences.

La source attribuée au terminal pétrolier est donc une source contribuant de manière intense, mais ponctuelle, alors qu'ArcelorMittal contribue d'une manière plus modérée (mais restant importante) et chronique.

Afin de produire une estimation de la contribution de chacune de ces deux sources, une rose des pollutions et une rose des vents sont présentées dans la figure 11 (chaque direction de vent regroupe toutes les vitesses de vent pour cette direction, voir ANNEXE 4).



**Figure 11: Rose des pollutions et rose des vents (toutes vitesses confondues)**

Le secteur « ArcelorMittal » est représenté par le triangle jaune et le secteur « terminal pétrolier » par un triangle rose, sur la carte avec la rose des pollutions (Figure 11 a) et celle avec la rose des vents (Figure 11 b). Sur la rose des pollutions, la concentration moyenne observée par section (en degré) est représentée par le code couleur ; pour la rose des vents, la fréquence du vent par section (toujours en degré) se lit sur l'échelle radiale. En combinant la concentration moyenne de benzène par section avec la fréquence du vent pour la même section, il est possible d'arriver à la contribution de chaque secteur. Le secteur jaune « ArcelorMittal » est composé de quatre sections et le secteur rose « terminal pétrolier » de six sections.

**Tableau 11 : Contribution de chaque secteur au niveau de benzène relevé au point 7**

Section	Secteur « ArcelorMittal »				Secteur « Terminal pétrolier »						Autre	Total
	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6		
Concentration [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1,6	3,5	6,7	4,9	5,5	4,8	7,3	15,8	4,1	3,1	//	2,1
Fréquence Vent	6,9%	3,2%	5,1 %	4,0 %	1,8 %	1,1%	0,8%	0,6%	1,9%	2,7%	//	100%
Concentration [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	<b>0,76</b>				<b>0,43</b>						0,84	2,1
Contribution	<b>37 %</b>				<b>23 %</b>						40 %	100 %

Le Tableau 11 présente les concentrations de benzène relevées pour chaque secteur ainsi que la fréquence des vents à l'origine de chaque secteur. À partir de ces données et la concentration moyenne mesurée, la concentration pour la période de mesure correspondante à chaque secteur est déterminée puis ramenée à un pourcentage de contribution.

Sur la période du 18 juin au 31 juillet 2018, le secteur « ArcelorMittal » a contribué à 37 % de la concentration totale alors que la contribution du « Terminal pétrolier » s'élève à 23 %. La somme de ces deux secteurs représente une contribution de 60 %.

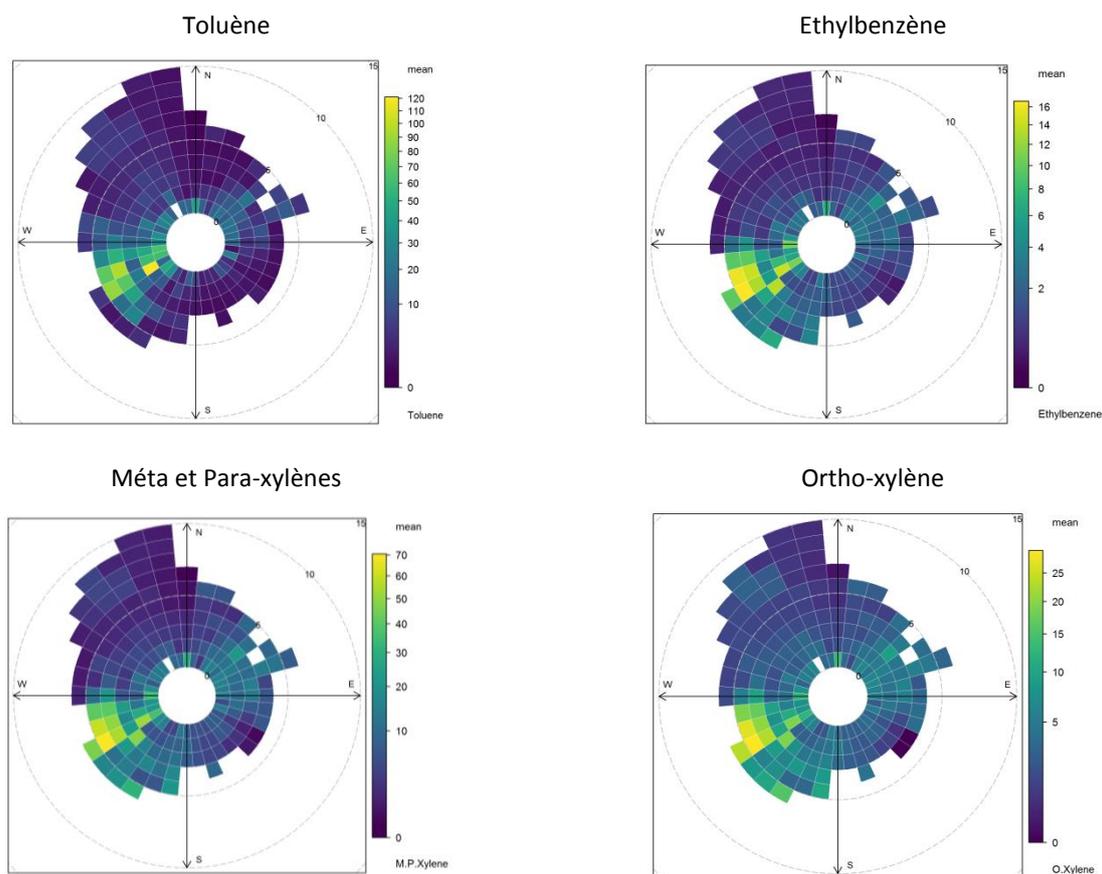
La contribution à la concentration en benzène provenant des secteurs hors « ArcelorMittal » et « Terminal pétrolier » s'élève à 40 % (voir Figure 11).

**Le benzène au point 7 présente une source Ouest-Sud-Ouest (terminal pétrolier) contribuant à 23 % de la concentration et une source Nord-Ouest (ArcelorMittal) contribuant à 37 % de la concentration. Ces ratios sont valables sur la période du 18 juin au 31 juillet 2018 et ne peuvent pas extrapolés à l'année entière.**

### 2.3.3 Autres COV

D'autres COV sont mesurés à partir de la cabine mobile. Dans ces COV, se trouvent le toluène, l'éthylbenzène, le méta- et le para-xylène et l'ortho-xylène ; ces composés (en plus du benzène) forment les BTEX. Les sources majeures d'émissions de ces composés sont les gaz d'échappements automobiles, mais aussi l'évaporation directe pendant le transport et la distribution d'essence.

La représentation sous forme de rose des pollutions de ces composés en Figure 12 montre, que contrairement au benzène, seul le secteur Ouest-Sud-Ouest correspondant au terminal pétrolier, contribue aux concentrations mesurées au point 7. Le secteur correspondant à ArcelorMittal n'est pas contributeur pour ces composés.



**Figure 12 : Roses des pollutions pour Toluène, Ethylbenzène, méta para Xylène et ortho-Xylène**

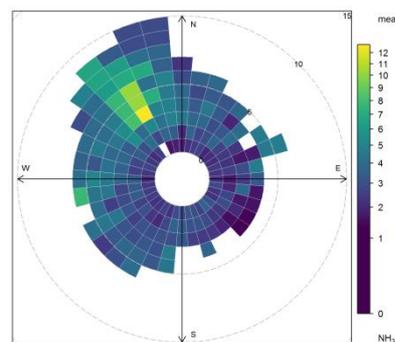
L'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) par contre, présente une origine uniquement Nord-Ouest (voir Figure 13). Ce composé est émis lors de la pyrolyse du charbon pour la fabrication du coke. Bien que le processus de traitement des gaz de coke soit équipé d'un système permettant d'abattre le niveau d'ammoniac rejeté à l'atmosphère, une partie résiduelle peut être émise.

L'ammoniac est un gaz incolore, irritant pour les voies respiratoires et les yeux, à l'odeur piquante caractéristique. Ce gaz n'est pas réglementé dans l'air ambiant, cependant, il occasionne des gênes olfactives à partir de  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La VTR en exposition chronique donnée par l'ANSES est de  $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (ANSES, 2018).

Ici, la concentration moyenne en ammoniac mesurée au point 7 sur la période de mesure du 18 juin au 31 juillet 2018 est de  $3,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , avec un maximum horaire à  $31,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et un percentile 95 égal à  $8,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , restant largement inférieur à la VTR.

À titre de comparaison, AIRPARIF a relevé des niveaux de  $\text{NH}_3$  mensuels compris entre 1 et  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2010 à Paris (LSCE & AIRPARIF, 2013), tandis qu'une étude d'Air Languedoc-Roussillon a mesuré des moyennes hebdomadaires proches de  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (et jusqu'à  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) entre 2008 et 2010 sur un site sous l'influence d'une plateforme chimique (Air Languedoc-Roussillon, 2010).

Dans le cadre de l'étude POLIS, AtmoSud a mesuré la concentration d'ammoniac en 14 points de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur en 2015 – 2016. Les sites de Château Saint-Antoine et la Penne-sur-Huveaune présentent des niveaux (annuels) encadrant celui relevé ici (entre le 18 juin et 31 juillet 2018) :  $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et  $5,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivement. Ces deux sites sont situés à proximité d'une industrie émettrice d'ammoniac (AtmoSud, 2006).



**Figure 13: Rose des pollutions pour l'ammoniac au point 7**

**Les toluène, éthylbenzène et xylène mesurés au point 7 présentent uniquement une source Ouest-Sud-Ouest (terminal pétrolier). L'ammoniac a une origine Nord-Ouest (ArcelorMittal), avec une concentration moyenne sur la période de mesure très inférieure à la VTR. Ces résultats sont valables sur la période du 18 juin au 31 juillet 2018.**

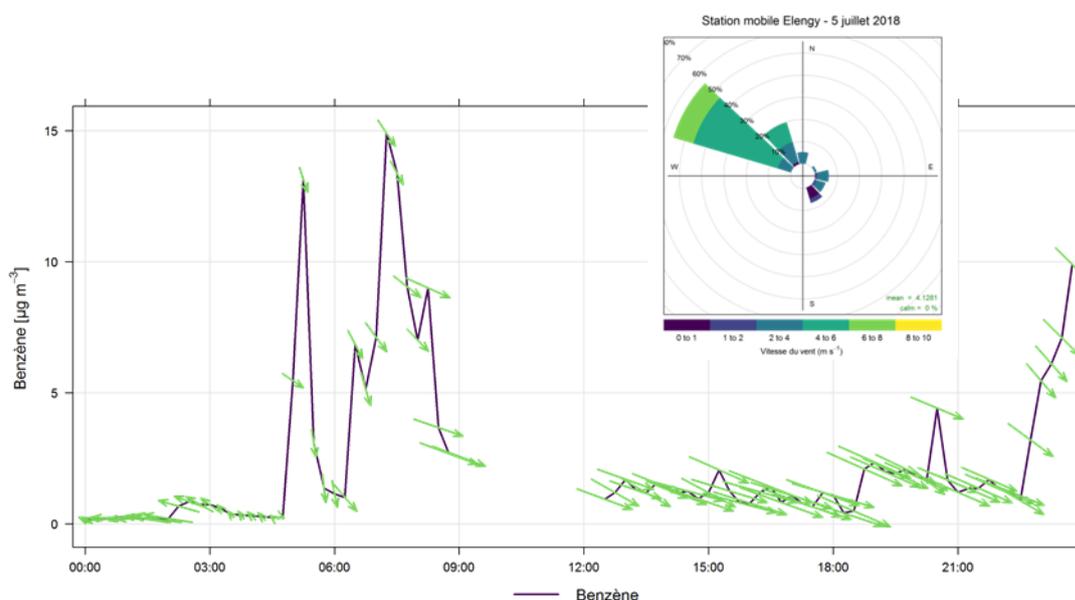
## 2.4 Rapprochement avec rapport d'incident

Au cours de l'année 2018, deux incidents (5 juillet et 12 août 2018) déclarés par ArcelorMittal sont susceptibles d'entraîner une augmentation de niveau de benzène dans l'atmosphère et plus particulièrement au point 7. Il s'agit dans les deux cas d'un incident industriel entraînant à la mise à l'atmosphère de gaz de cokerie.

### 2.4.1 Incident du 5 juillet 2018

La rose des vents pour le 5 juillet, établie à partir de la station de mesure mobile AtmoSud présente au point de mesure 7, montre des vents relativement forts (jusqu'à 8 m/s) d'origine Ouest-Nord-Ouest et Nord-Ouest. La mesure du benzène à partir de la remorque COV montre une augmentation du niveau de benzène entre 5 h et 9 h TU<sup>11</sup>, quand le vent est de direction NO, c'est-à-dire, ramenant directement l'émission d'ArcelorMittal sur le moyen de mesure. Lorsque le vent présente une direction ONO, le niveau de benzène diminue (voir Figure 14). Il faut cependant noter que si des concentrations dépassant 10 µg/m<sup>3</sup> sont supérieures à la moyenne des concentrations obtenues pour des vents de secteur NO, elles restent inférieures aux maximums quart-horaire relevés.

Les mesures par tubes passifs, correspondant à la semaine 3 au 10 juillet 2018, dans les différents points de mesure ne montrent pas d'augmentation particulière pouvant être reliée à cet incident et ceci même au point 7.



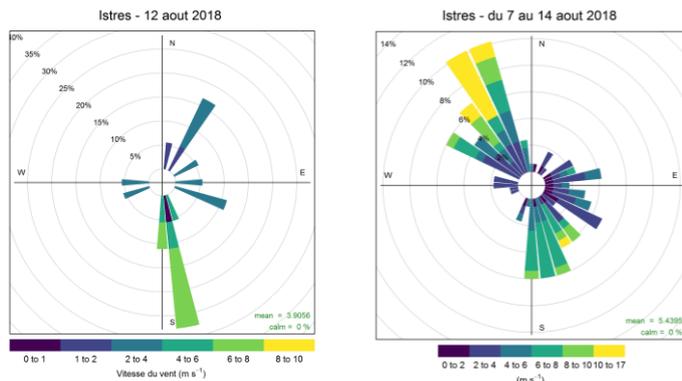
**Figure 14 : Rose des vents relevée au point 7 le 5 juillet 2018 et niveaux de benzène mesuré le même jour.**  
Le niveau de benzène est en violet et la direction des flèches vertes représente la direction du vent et leur longueur la vitesse du vent.

### 2.4.2 Incident du 12 août 2018

Pour cet incident, la mesure dynamique au point 7 n'est pas disponible.

La rose des vents établie à partir des données de la station météo France d'Istres pour le 12 août 2018 montre principalement un vent d'origine Sud (39 % de vent d'origine Sud et Sud-Sud-Est) avec une contribution du Nord-Est (17 %). L'émission de gaz de coke serait alors dispersée vers le Nord (site de la Fossette, point 8) et en partie envoyée vers le Sud (point 7). Cependant, la rose des vents correspondant à la semaine de mesure par tubes passifs (du 7 au 14 août) montre l'importance des vents de Nord-Ouest (mistral) durant cette période.

<sup>11</sup> Temps Universel



**Figure 15: Roses des vents relevées à Istres le 12 août 2018 et la semaine du 7 au 14 août**

pour le point 1. La comparaison est détaillée en Tableau 12.

**Tableau 12 : Comparaison des concentrations relevées pour la semaine du 7 au 14 août 2018 (P95 = percentile 95)**

Mesure du 7 au 14 août 2018	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5	Point 6	Point 7	Point 8	Point 9
<b>Concentration [<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>]</b>	0,7	1,5	1,4	3,9	1,2	1,4	12,6	0,9	1,5
<b>Comparaison de valeur</b>	Valeur minimale	Supérieure au P95	Inférieure à la moyenne	Valeur Maximale	Inférieure à la moyenne	Inférieure à la moyenne	Valeur Maximale	Valeur Maximale	Supérieure à la moyenne, mais inférieure à P95

Des niveaux plus élevés de benzène par vent de Nord-Ouest sont relevés sur le moyen de mesure mobile le 5 juillet 2018, pouvant correspondre à l'incident déclaré par ArcelorMittal.

Les mesures par tube passif montrent leur valeur maximale pour trois sites sur neuf pour la semaine du 7 au 14 août 2018, et pourraient avoir subi l'influence de l'incident déclaré par ArcelorMittal. Cependant, il n'est pas possible de certifier cette hypothèse, la mesure se faisant sur une semaine.

### 3. Conclusion

AtmoSud a réalisé en 2018 une surveillance à Fos-sur-Mer dans les environs d'ArcelorMittal en benzène et oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ), pour répondre aux interrogations des riverains concernant leur exposition. Cette séquence de mesure entre également dans un cadre de surveillance demandé par la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement PACA.

Le  $\text{NO}_2$  est un composé gazeux, non classé comme cancérigène, irritant pour les bronches, aggravant l'asthme, tandis que le benzène est reconnu comme cancérigène par le CIRC depuis 1987. Bien qu'ayant différentes sources possibles, ces deux composés sont émis lors de la fabrication du coke. Le coke est indispensable à la fabrication de l'acier et est obtenu par pyrolyse du charbon ; le  $\text{NO}_2$  et le benzène se retrouvent alors dans les « gaz de coke » ou « gaz de cokerie ».

La surveillance de ces composés est réalisée par tubes passifs sur l'année 2018, en huit points pour le  $\text{NO}_2$  et neuf points pour le benzène. Les mesures sont réalisées de manière hebdomadaire.

La mesure du  $\text{NO}_2$ , réalisée par tubes passifs, montre que la valeur réglementaire de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  est respectée : tous les points sont inférieurs à deux cinquièmes de la valeur limite ( $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Une diminution, comme sur l'ensemble du territoire, est relevée depuis 2005.

La mesure du benzène par tubes passifs montre que les concentrations annuelles sont inférieures à l'objectif de qualité ( $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en huit sur neuf points. Le point 7, quant à lui, montre une moyenne de  $4,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (inférieure à la valeur limite

Les concentrations obtenues pour la semaine de mesure correspondante (du 7 au 14 août 2018) sont comparées à l'ensemble des mesures pour chaque point (récapitulatif des mesures en Tableau 6).

Cette semaine de mesure présente le résultat maximum pour les points 4, 7 et 8 tandis qu'au point 2, la valeur relevée est supérieure au percentile 95.

Il faut cependant souligner que l'incident industriel d'ArcelorMittal a duré moins d'un jour et que les mesures passives du benzène ont lieu sur une semaine. De plus, cette semaine de mesure correspond à la mesure à la plus basse

annuelle de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), dont 30% des mesures hebdomadaires sont supérieures à  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (ce point n'est pas situé dans une zone habitée).

Une campagne estivale a permis d'avoir une mesure en dynamique du benzène au point 7. Une double origine a été observée, avec une influence ponctuelle et intense du terminal pétrolier et une influence chronique et forte d'ArcelorMittal. La fréquence des vents ainsi que la concentration moyenne provenant de ces deux secteurs montrent que le terminal pétrolier contribue à 23 % de la concentration de benzène mesurée à ce point pour la campagne estivale, tandis qu'ArcelorMittal contribue à 37 %. La contribution « hors secteurs » représente 40 % de la concentration moyenne en benzène.

Cette campagne a aussi mis en lumière l'influence unique du secteur Ouest-Sud-Ouest (terminal pétrolier) sur les concentrations en toluène, éthylbenzène et xylènes au point 7. De l'ammoniac, en concentration très inférieure à la VTR, a aussi relevé, avec une origine Nord-Ouest (Arcelor Mittal).

Au cours de la campagne de mesures d'AtmoSud (2018), il n'a pas été observé d'influence d'ArcelorMittal sur les niveaux de  $\text{NO}_2$ . ArcelorMittal contribue aux niveaux de benzène relevés aux différents points. Le point 7, situé dans une zone non habitée, présente les niveaux de benzène les plus importants, avec une concentration annuelle proche de la valeur limite. Cependant, les concentrations mesurées dans les zones habitées restent inférieures à l'objectif de qualité.

# BIBLIOGRAPHIE

- ADEME, & LCSQA. (2002). *Échantillonneurs passifs pour le dioxyde d'azote* (N° 4414). Consulté à l'adresse ADEME Edition website: [https://www.lcsqa.org/system/files/rapport/guide\\_echantillonneurs\\_passifs\\_no2\\_ademe\\_lcsqa\\_2002.pdf](https://www.lcsqa.org/system/files/rapport/guide_echantillonneurs_passifs_no2_ademe_lcsqa_2002.pdf)
- Air Languedoc-Roussillon. (2010). *Mesures d'ammoniac à Salindres et environ (Gard) - Hiver 2010*. Consulté à l'adresse <https://www.air-lr.org/wp-content/uploads/1046.pdf>
- ANSES. (2008). *Valeurs guides de qualité d'air intérieur - le benzène*. Consulté à l'adresse <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2004etVG004Ra.pdf>
- ANSES. (2014). *Valeur toxicologique de référence cancérigène par inhalation pour le benzène* (N° 2009-SA-0346). Consulté à l'adresse [https://www.anses.fr/fr/system/files/SUBCHIM2009sa0346Ra\\_0.pdf](https://www.anses.fr/fr/system/files/SUBCHIM2009sa0346Ra_0.pdf)
- ANSES. (2018). *Élaboration de VTR aiguë, subchronique et chronique par voie respiratoire pour l'ammoniac* (N° 2016-SA-0118). Consulté à l'adresse <https://www.anses.fr/fr/system/files/VSR2016SA0118Ra.pdf>
- AtmoSud. (2006). *Fos-sur-Mer : Évaluation de la qualité de l'air dans la zone du Port Autonome de Marseille*. Consulté à l'adresse [https://www.atmosud.org/sites/paca/files/publications\\_import/files/060100\\_AirPACA\\_2004\\_2005\\_rapport\\_PAM\\_net.pdf](https://www.atmosud.org/sites/paca/files/publications_import/files/060100_AirPACA_2004_2005_rapport_PAM_net.pdf)
- AtmoSud. (2011). *Étude exploratoire autour des rejets de la cokerie du site d'ARCELOR Mittal*. Consulté à l'adresse [https://www.atmosud.org/sites/paca/files/publications\\_import/files/110100\\_AirPACA\\_rapport\\_etude\\_ancelor\\_net.pdf](https://www.atmosud.org/sites/paca/files/publications_import/files/110100_AirPACA_rapport_etude_ancelor_net.pdf)
- AtmoSud. (2013). *Étude Cavaou – Fos sur Mer 2013*. Consulté à l'adresse [https://www.atmosud.org/sites/paca/files/atoms/files/130000\\_airpaca\\_cavaou\\_2013.pdf](https://www.atmosud.org/sites/paca/files/atoms/files/130000_airpaca_cavaou_2013.pdf)
- AtmoSud. (2018a). *Campagne d'observations au Cavaou, du 18/06/2018 au 31/07/201* (p. 1-8). Consulté à l'adresse [https://www.atmosud.org/sites/paca/files/atoms/files/181207\\_cavaou\\_2018\\_.pdf](https://www.atmosud.org/sites/paca/files/atoms/files/181207_cavaou_2018_.pdf)
- AtmoSud. (2018b). *Synthèse du projet SCENARII -- Simulation de scénarii de pollution atmosphérique pour une Evaluation des Risques Sanitaires -- Application à la région de l'Etang de Berre*. Consulté à l'adresse [https://www.atmosud.org/sites/paca/files/atoms/files/180125\\_synthese\\_scenarii.pdf](https://www.atmosud.org/sites/paca/files/atoms/files/180125_synthese_scenarii.pdf)
- CIRC. (2012). *Benzene. Chemical Agents and related occupations. Volume 100F. A review of human carcinogens* (p. 249-294). Consulté à l'adresse : <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono100F-24.pdf>
- INERIS. (2013). *Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires -- Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées* (N° DRC-12-125929-13162B). Consulté à l'adresse <https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/Ineris-DRC-12-12592-13162B-Evaluation-de-l-Etat-des-milieux-et-des-risques-sanitaires.pdf>
- Irep | Géorisques Benzène. (2017). Consulté 14 mars 2019, à l'adresse [http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/irep/form-substance/resultats?annee=2017&rejet=1&polluant=29#/#/](http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/irep/form-substance/resultats?annee=2017&rejet=1&polluant=29#/)
- Irep | Géorisques NOX. (2017). Consulté 14 mars 2019, à l'adresse [http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/irep/form-substance/resultats?annee=2017&rejet=1&polluant=102#/#/](http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/irep/form-substance/resultats?annee=2017&rejet=1&polluant=102#/)
- LSCE, & AIRPARIF. (2013). *FRANCIPOL: Impact de la pollution longue distance sur les particules et leurs précurseurs gazeux à Paris et Ile-de-France*. Consulté à l'adresse [http://www.rst.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Primequal\\_FRANCIPOL\\_cle0219e7.pdf](http://www.rst.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Primequal_FRANCIPOL_cle0219e7.pdf)
- Union Européenne. *Règlement (CE) n° 1272/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges, modifiant et abrogeant les directives 67/548/CEE et 1999/45/CE et modifiant le règlement (CE) n° 1907/2006 (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE. , Pub. L. No. 1272/2008, 451 (2008).*

# GLOSSAIRE

## Définitions

**Lignes directrices OMS :** Seuils de concentration définis par l'OMS et basés sur un examen des données scientifiques accumulées. Elles visent à offrir des indications sur la façon de réduire les effets de la pollution de l'air sur la santé. Elles constituent des cibles à atteindre qui confère une protection suffisante en termes de santé publique.

**Maximum journalier de la moyenne sur huit heures :** Il est sélectionné après examen des moyennes glissantes sur huit heures, calculées à partir des données horaires et actualisées toutes les heures. Chaque moyenne sur huit heures ainsi calculée est attribuée au jour où elle s'achève ; autrement dit, la première période considérée pour le calcul sur un jour donné sera la période comprise entre 17 h la veille et 1 h le jour même ; la dernière période considérée pour un jour donné sera la période comprise entre 16 h et minuit le même jour.

**Pollution de fond et niveaux moyens :** La pollution de fond correspond à des niveaux de polluants dans l'air durant des périodes de temps relativement longues. Elle s'exprime généralement par des concentrations moyennées sur une année (pour l'ozone, on parle de niveaux moyens exprimés généralement par des moyennes calculées sur huit heures). Il s'agit de niveaux de pollution auxquels la population est exposée le plus longtemps et auxquels il est attribué l'impact sanitaire le plus important.

**Pollution de pointe :** La pollution de pointe correspond à des niveaux de polluants dans l'air durant des périodes de temps courts. Elle s'exprime généralement par des concentrations moyennées sur la journée ou l'heure.

**Procédures préfectorales :** Mesures et actions de recommandations et de réduction des émissions par niveau réglementaire et par grand secteur d'activité.

**Seuil d'alerte à la population :** Niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou la dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

**Seuil d'information-recommandations à la population :** Niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine des groupes particulièrement sensibles de la population, rendant nécessaires des informations immédiates et adéquates.

**Objectif de qualité :** n niveau de concentration à atteindre à long terme, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement.

**Valeur cible :** Un niveau de concentration fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans la mesure du possible sur une période donnée.

**Valeur limite :** Un niveau de concentration fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser une fois atteint.

**Couche limite :** Couche atmosphérique en contact direct avec la surface terrestre, dans laquelle se produisent des modifications d'un point de vue dynamique et thermique. Son épaisseur varie d'une centaine de mètres à quelques kilomètres selon les caractéristiques du sol (rugosité, relief, ...), la saison (humidité, flux de chaleur, température).

**Particules d'origine secondaires :** Les particules secondaires résultent de la conversion en particules, des gaz présents dans l'atmosphère. Cette conversion, soit directement gaz-solide, soit par l'intermédiaire des gouttes d'eau, est appelée nucléation. La nucléation est le mécanisme de base de la formation des nouvelles particules dans l'atmosphère. Les principaux précurseurs impliqués dans la formation des particules secondaires sont le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub> et nitrates), les composés organiques volatils (COV) et l'ammoniac (NH<sub>3</sub>). Les particules secondaires sont essentiellement des particules fines (<2.5 µm).

**AOT 40 :** Égal à la somme des différences entre les concentrations horaires d'ozone supérieures à 80 µg/m<sup>3</sup> (mesurés quotidiennement entre 8 h et 20 h, heure d'Europe Centrale) et la valeur 80 µg/m<sup>3</sup> pour la période du 1er mai au 31 juillet de l'année N. La valeur cible de protection de la végétation est calculée à partir de la moyenne sur 5 ans de l'AOT40. Elle s'applique en dehors des zones urbanisées, sur les Parcs Nationaux, sur les Parcs Naturels Régionaux, sur les réserves Naturelles Nationales et sur les zones arrêtées de Protection de Biotope.

**Percentile 99,8 (P 99,8) :** Valeur respectée par 99,8 % des données de la série statistique considérée (ou dépassée par 0,2 % des données). Durant l'année, le percentile 99,8 représente dix-huit heures.

## Sigles

**AASQA** : Association Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air

**ADEME** : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

**ANTS** : Association Nationale des Techniques Sanitaires

**ARS** : Agence Régionale de Santé

**CSA** : Carte Stratégique Air

**CERC** : Cellule Économique Régionale du BTP PACA

**DRAAF** : Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt de la région PROVENCE-ALPES-CÔTE-D'AZUR

**DREAL** : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

**EPCI** : Etablissement Public de Coopération Intercommunale

**EQAIR** : Réseau Expert Qualité de l'Air intérieur en région PROVENCE-ALPES-CÔTE-D'AZUR

**IARC** : International Agency for Research on Cancer

**ISA** : Indice Synthétique Air

**LCSQA** : Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

**ORP PROVENCE-ALPES-CÔTE-D'AZUR** : Observatoire des résidus de Pesticides en région PROVENCE-ALPES-CÔTE-D'AZUR

**PCAET** : Plan climat air énergie territorial

**PDU** : Plan de Déplacements Urbains

**PLU** : Plan local d'Urbanisme

**PPA** : Plan de Protection de l'Atmosphère

**PRSQA** : Plan Régional de Surveillance de la qualité de l'Air

**SCoT** : Schéma de Cohérence Territoriale

**ZAS** : Zone Administrative de Surveillance

## Unité de mesures

**mg/m<sup>3</sup>** : milligramme par mètre cube d'air  
(1 mg = 10<sup>-3</sup> g = 0,001 g)

**µg/m<sup>3</sup>** : microgramme par mètre cube d'air  
(1 µg = 10<sup>-6</sup> g = 0,000001 g)

**ng/m<sup>3</sup>** : nanogramme par mètre cube d'air  
(1 ng = 10<sup>-9</sup> g = 0,000000001 g)

**TU** : Temps Universel

## Polluants

**As** : Arsenic

**B(a)P** : Benzo(a)Pyrène

**BTEX** : Benzène - Toluène - Éthylbenzène - Xylènes

**C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>** : Benzène

**Cd** : Cadmium

**CO** : Monoxyde de carbone

**CO<sub>2</sub>** : Dioxyde de carbone

**COV** : Composés Organiques Volatils

**COVNM** : Composés Organiques Volatils Non Méthaniques

**HAP** : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

**ML** : Métaux lourds (Ni, Cd, Pb, As)

**Ni** : Nickel

**NO / NO<sub>2</sub>** : Monoxyde d'azote / Dioxyde d'azote

**NO<sub>x</sub>** : Oxydes d'azote

**O<sub>3</sub>** : Ozone

**Pb** : Plomb

**PM non volatile** : Fraction des particules en suspension présente dans l'air ambiant qui ne s'évapore pas à 50°C.

**PM volatile** : Fraction des particules en suspension qui s'évaporent entre 30°C et 50°C. Cette fraction des particules est mesurée depuis 2007.

**PM 10** : Particules d'un diamètre < 10 µm

**PM 2.5** : Particules d'un diamètre < 2,5 µm

**SO<sub>2</sub>** : Dioxyde de soufre

## Classification des sites de mesure

Cette classification a fait l'objet d'une mise à jour au niveau national en 2015. Les stations de mesures sont désormais classées selon 2 paramètres leur environnement d'implantation et l'influence des sources d'émission.

### Environnement d'implantation

- **Implantation urbaine** : Elle correspond à un emplacement dans une zone urbaine bâtie en continu, c'est-à-dire une zone urbaine dans laquelle les fronts de rue sont complètement (ou très majoritairement) constitués de constructions d'au minimum deux étages.
- **Implantation périurbaine** : Elle correspond à un emplacement dans une zone urbaine majoritairement bâtie, constituée d'un tissu continu de constructions isolées de toutes tailles, avec une densité de construction moindre.
- **Implantation rurale** : Elle est principalement destinée aux stations participant à la surveillance de l'exposition de la population et des écosystèmes à la pollution atmosphérique de fond, notamment photochimique.

### Influence des sources

- **Influence industrielle** : Le point de prélèvement est situé à proximité d'une source (ou d'une zone) industrielle. Les émissions de cette source ont une influence significative sur les concentrations.
- **Influence trafic** : Le point de prélèvement est situé à proximité d'un axe routier majeur. Les émissions du trafic ont une influence significative sur les concentrations.
- **Influence de fond** : Le point de prélèvement n'est soumis à aucun des deux types d'influence décrits ci-après. L'implantation est telle que les niveaux de pollution sont représentatifs de l'exposition moyenne de la population (ou de la végétation et des écosystèmes) en général au sein de la zone surveillée. Généralement, la station est représentative d'une vaste zone d'au moins plusieurs km<sup>2</sup>.

# ANNEXES

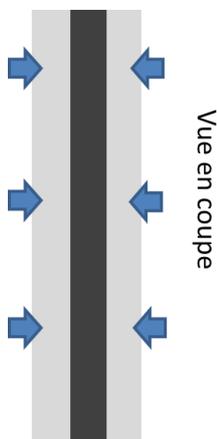
## ANNEXE 1 Tubes passifs

### ► Tubes à diffusion de Palmes



Pendant l'échantillonnage, un gradient de concentration ( $C_1$  à  $C_0$ ) s'établit dans le tube entre le milieu adsorbant (en gris sur le schéma) et l'extrémité ouverte de l'échantillonneur. Le polluant diffuse à travers la colonne d'air formée par le tube jusqu'au milieu adsorbant où il est capté et accumulé. Ce dernier est ensuite extrait et analysé.

### ► Tubes à diffusion radiale

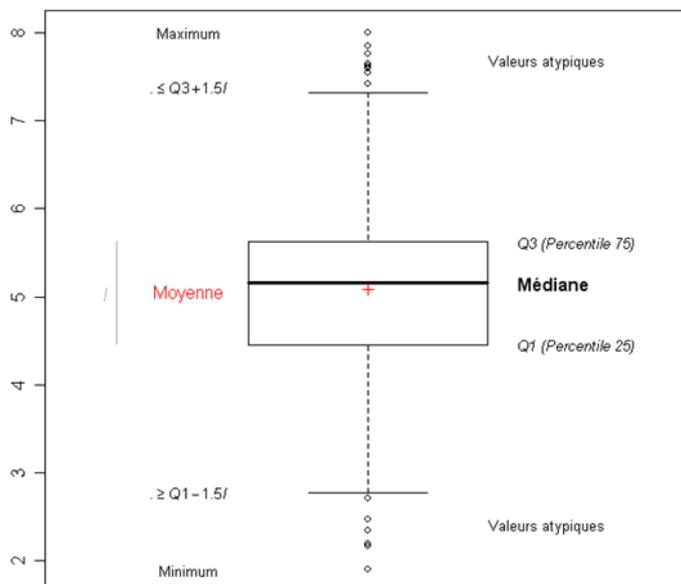


La cartouche d'adsorbant (gris foncé) est placée dans une membrane poreuse. La surface de contact avec l'air est de  $360^\circ$ , sur toute la longueur de la cartouche. Le polluant diffuse dans la membrane poreuse avant d'être piégée par l'adsorbant. Ce dernier est ensuite extrait et analysé.

## ANNEXE 2 Définition statistique d'une « boîte à moustache »

Une boîte à moustache (ou box plot) est un graphique représentant la répartition d'une série statistique.

Pour ce faire, l'échantillon est séparé en 4 parties de même effectif, appelées quartiles. Un quartile est donc constitué de 25 % des données de l'ensemble de l'échantillon. Le deuxième quartile (percentile 50) est appelé plus couramment la médiane (50% des valeurs y sont inférieures, 50% y sont supérieures).

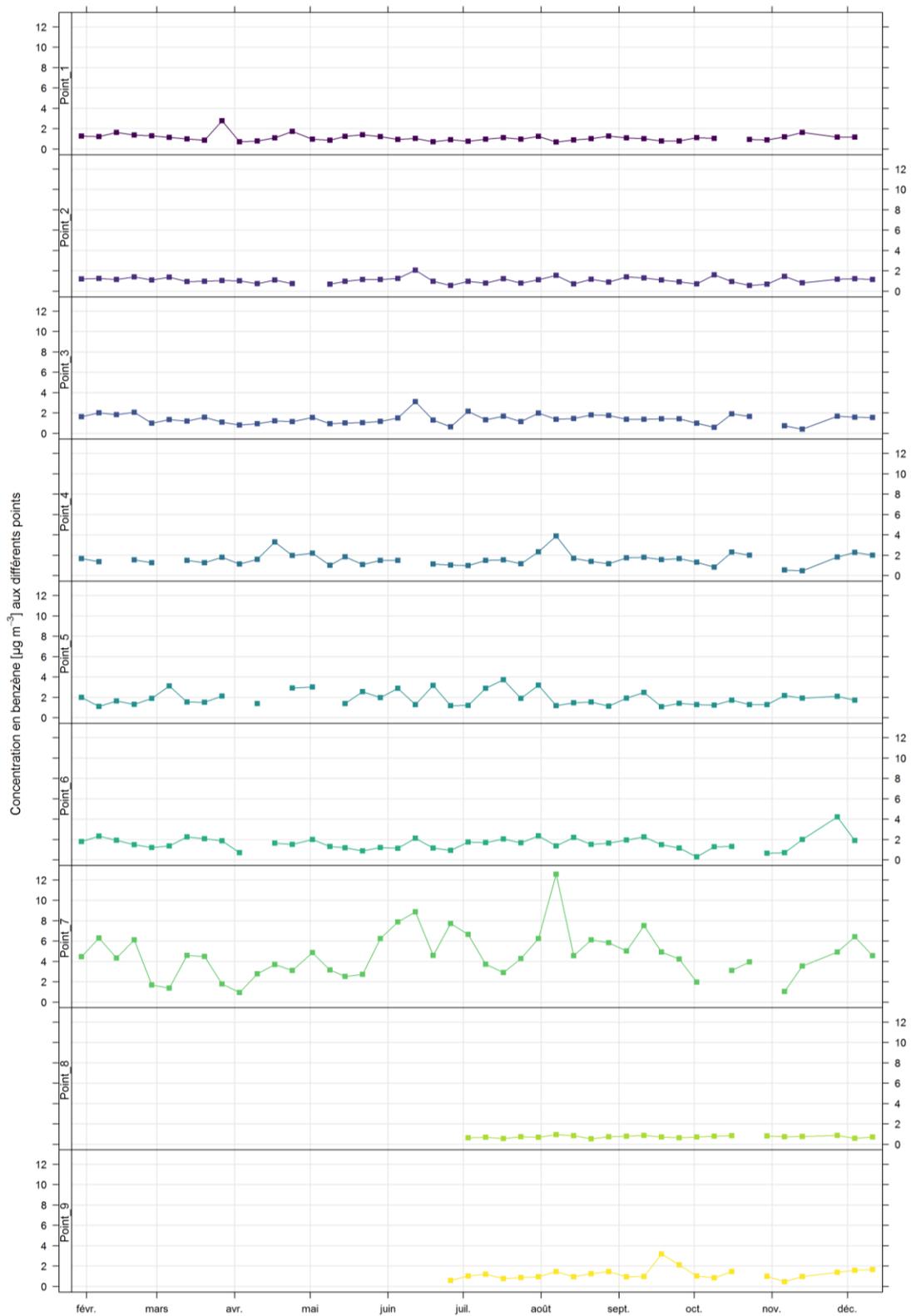


La partie centrale correspondant à une « boîte » représente 50 % des données. Ces données se situent dans les 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> quartiles. La différence entre les deux est appelée l'écart inter quartiles.

Les moustaches réparties de chaque côté de la boîte représentent généralement près de 25 % des données, mais n'excèdent pas en termes de longueur,  $1.5 * I$  ( $I$  étant l'écart interquartile, c'est-à-dire la longueur de la boîte), ce qui peut amener la présence de points atypiques en dehors des moustaches.

La fin de la moustache supérieure correspond donc soit à la valeur  $3Q + 1.5I$  (3<sup>ème</sup> quartile + une fois et demi l'intervalle inter quartile), soit au maximum de l'échantillon s'il est plus faible que cette valeur.

# ANNEXE 3 Représentation des valeurs hebdomadaires de benzène sur l'année 2018

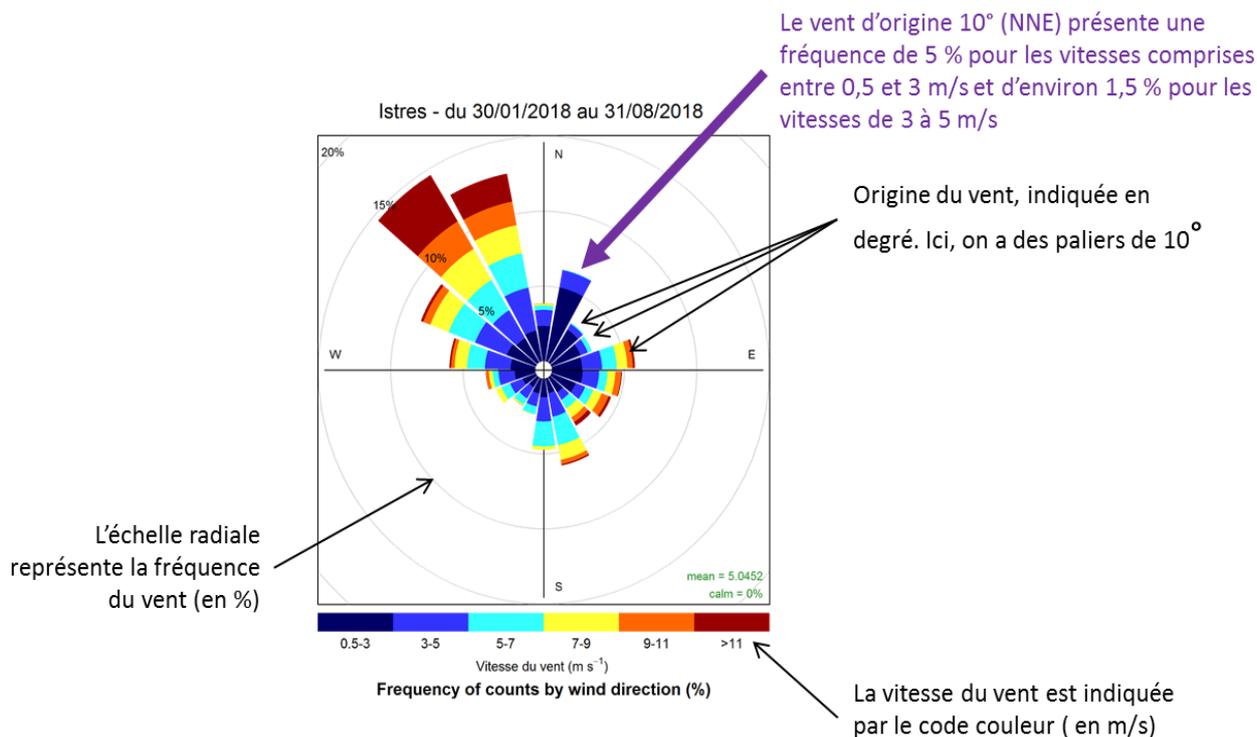


## ANNEXE 4 Guide de lecture des roses des vents et roses des pollutions

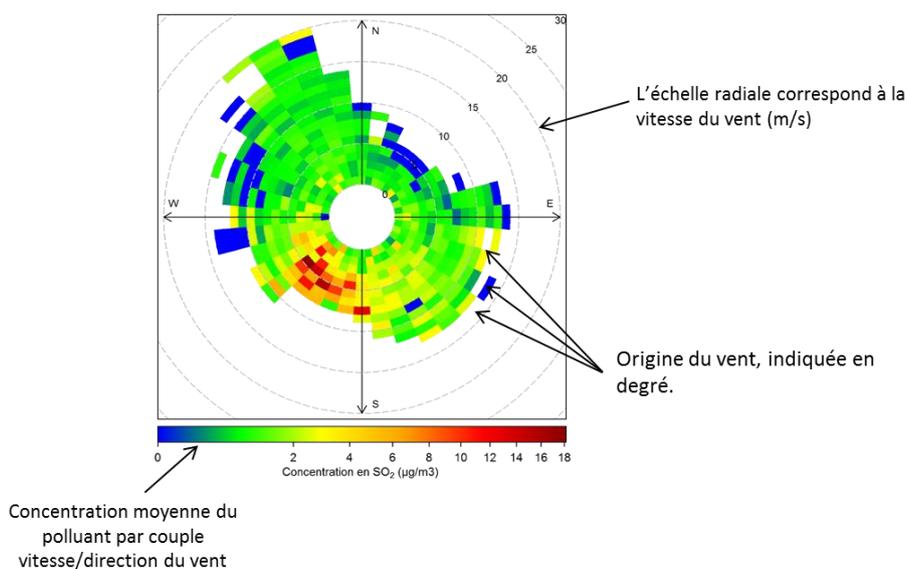
Les roses des vents et des pollutions sont réalisées en utilisant le package Openair pour le logiciel R.

Voir : Carslaw, D. C. and K. Ropkins, (2012), **Openair-an R package for air quality data analysis**. *Environmental Modelling & Software*. Volume 27-28, 52-61.

### ► Rose des vents

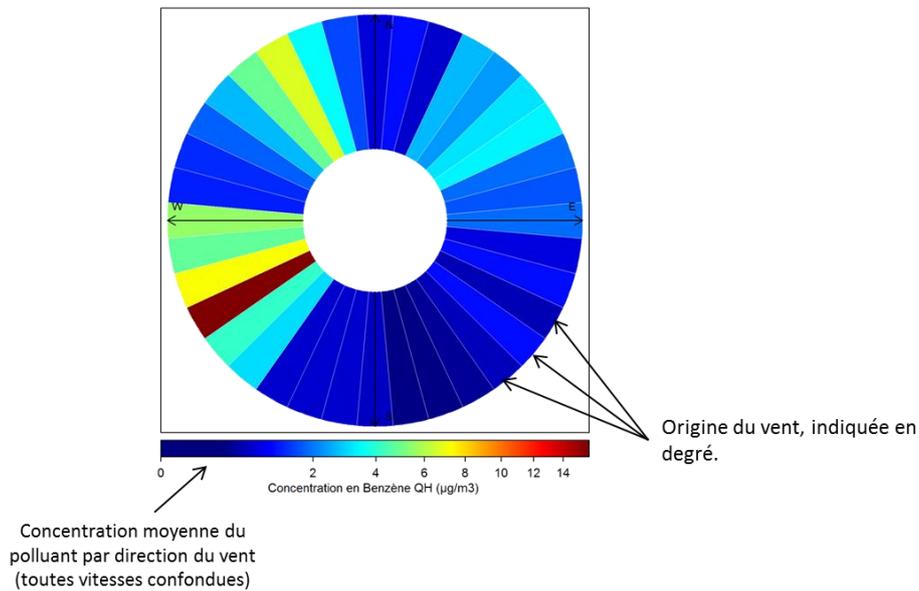


### ► Rose des pollutions



La rose des pollutions permet d'expliciter l'origine des polluants. Pour cela, une mesure du vent (direction et vitesse) suivant le même pas de temps que la mesure de la concentration du polluant d'intérêt est nécessaire.

Afin de réaliser ce type de graphe, des couples vitesse/direction (VD) sont définis. Pour chaque couple VD, il est relevé quelle concentration de polluant est mesurée ; ces concentrations sont ensuite moyennées pour attribuer une concentration à chaque couple VD.



Ce type de rose des pollutions fonctionne de la même façon, sauf que pour chaque direction, toutes les vitesses du vent sont prises en compte. On obtient ainsi la concentration moyenne de polluant par origine de vent.

## ANNEXE 5 Sources de pollution, effets sur la santé, réglementation et recommandations OMS

### Sources de pollution

Les polluants atmosphériques ont diverses origines.

Polluants	Sources principales
<b>O<sub>3</sub></b> Ozone	L'ozone (O <sub>3</sub> ) n'est pas directement rejeté par une source de pollution. C'est un polluant secondaire formé à partir des NO <sub>x</sub> et des COV.
<b>Particules en suspension (PM)</b>	Les particules proviennent en majorité de la combustion à des fins énergétiques de différents matériaux (bois, charbon, pétrole), du transport routier (imbrûlés à l'échappement, usure des pièces mécaniques par frottement, des pneumatiques...), d'activités industrielles très diverses (sidérurgie, incinération, chaufferie) et du brûlage de la biomasse (incendie, déchets verts).
<b>NO<sub>x</sub></b> Oxydes d'azote	Les sources principales sont les véhicules et les installations de combustion.
<b>SO<sub>2</sub></b> Dioxyde de soufre	Le dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> ) est un polluant essentiellement industriel. Les sources principales sont les centrales thermiques, les grosses installations de combustion industrielles, le trafic maritime, l'automobile et les unités de chauffage individuel et collectif.
<b>COV dont le benzène</b> Composés organiques volatils	Les COV proviennent de sources mobiles (transports), de procédés industriels (industries chimiques, raffinage de pétrole, stockage et distribution de carburants et combustibles liquides, stockages de solvants). Certains COV, comme les aldéhydes, sont émis par l'utilisation de produits d'usage courant : panneaux de bois en aggloméré, certaines mousses pour l'isolation, certains vernis, les colles, les peintures, les moquettes, les rideaux, les désinfectants... D'autres COV sont également émis naturellement par les plantes.
<b>HAP</b> Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques	Les HAP se forment par évaporation, mais sont principalement rejetées lors de la combustion de matière organique. La combustion domestique du bois et du charbon s'effectue souvent dans des conditions mal maîtrisées (en foyer ouvert notamment), qui entraînent la formation de HAP.
<b>CO</b> Monoxyde de carbone	Combustion incomplète (mauvais fonctionnement de tous les appareils de combustion, mauvaise installation, absence de ventilation), et ce quel que soit le combustible utilisé (bois, butane, charbon, essence, fuel, gaz naturel, pétrole, propane).

## Effets sur la santé

Les polluants atmosphériques ont un impact sur la santé variable en fonction de leur concentration dans l'air, de la dose inhalée et de la sensibilité des individus. Ils peuvent aussi avoir des incidences sur l'environnement.

Polluants	Effets sur la santé	Effets sur l'environnement
O <sub>3</sub> <b>Ozone</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- irritation des yeux</li> <li>- diminution de la fonction respiratoire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- agression des végétaux</li> <li>- dégradation de certains matériaux</li> <li>- altération de la photosynthèse et de la respiration des végétaux</li> </ul>
Particules en suspension		<ul style="list-style-type: none"> <li>- effets de salissures sur les bâtiments</li> <li>- altération de la photosynthèse</li> </ul>
NO <sub>x</sub> <b>Oxydes d'azote</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- irritation des voies respiratoires</li> <li>- dans certains cas, altération des fonctions pulmonaires</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pluies acides</li> <li>- précurseurs de la formation d'ozone</li> <li>- effet de serre</li> <li>- déséquilibre les sols sur le plan nutritif</li> </ul>
SO <sub>2</sub> <b>Dioxyde de soufre</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- pluies acides</li> <li>- dégradation de certains matériaux</li> <li>- dégradation des sols</li> </ul>
COV dont le benzène <b>Composés organiques volatils</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- formation de l'ozone</li> </ul>
HAP <b>Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- toxicité et risques d'effets cancérigènes ou mutagènes, en fonction du composé concerné</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- peu dégradables</li> <li>- déplacement sur de longues distances</li> </ul>
Métaux lourds	<ul style="list-style-type: none"> <li>- toxicité par bioaccumulation</li> <li>- effets cancérigènes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- contamination des sols et des eaux</li> </ul>
CO <b>Monoxyde de carbone</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- prend la place de l'oxygène</li> <li>- provoque des maux de tête</li> <li>- léthal à concentration élevée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- formation de l'ozone</li> <li>- effet de serre</li> </ul>

## Réglementation

En matière de surveillance de la qualité de l'air, la réglementation se base essentiellement sur :

- La directive 2008/50/CE concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe,
- La directive 2004/107/CE concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant,
- L'article R221-1 du Code de l'Environnement.

Les valeurs réglementaires sont exprimées en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . L'expression du volume doit être ramenée aux conditions de température et de pression suivantes : 293 K et 1013 hPa. La période annuelle de référence est l'année civile. Un seuil est considéré dépassé lorsque la concentration observée est strictement supérieure à la valeur du seuil.

Polluants	Type de réglementation	Valeurs réglementaires ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Durée d'exposition
<b>O<sub>3</sub></b> Ozone	Seuil d'information- recommandations	180	Heure
	Seuil d'alerte	240	Heure
	Valeur cible		Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures (maximum 25 j / an)
	Objectif de qualité	120	8 heures
<b>PM10</b> Particules	Seuil d'information- recommandations	50	Jour
	Seuil d'alerte	80	Jour
	Valeurs limites	50	Jour (maximum 35 j / an)
		40	Année
Objectif de qualité	30	Année	
<b>PM2.5</b> Particules	Valeur limite	25	Année
	Valeurs cibles	20	Année
	Objectif de qualité	10	Année
<b>NO<sub>2</sub></b> Dioxyde d'azote	Seuil d'information- recommandations	200	Heure
	Seuil d'alerte	400	Heure
	Valeurs limites	200	Heure (maximum 18h / an)
		40	Année
<b>SO<sub>2</sub></b> Dioxyde de soufre	Seuil d'information- recommandations	300	Heure
	Seuil d'alerte	500	Heure (pendant 3h)
	Valeurs limites	350	Heure (maximum 24h / an)
		125	Jour (maximum 3 j / an)
Objectif de qualité	50	Année	
<b>C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b> Benzène	Valeur limite	5	Année
	Objectif de qualité	2	Année
<b>Pb</b> Plomb	Valeur limite	0,5	Année
	Objectif de qualité	0,25	Année
<b>CO</b> Monoxyde de carbone	Valeur limite	10 000	8 heures
<b>BaP</b> Benzo(a)pyrène	Valeur cible	0,001	Année
<b>As</b> Arsenic	Valeur cible	0,006	Année
<b>Cd</b> Cadmium	Valeur cible	0,005	Année
<b>Ni</b> Nickel	Valeur cible	0,02	Année

## Recommandations de l'Organisation Mondiale pour la Santé (OMS)

Les valeurs recommandées par l'OMS (2005) sont fondées sur des études épidémiologiques et toxicologiques publiées en Europe et en Amérique du Nord. Elles ont pour principal objectif d'être des références pour l'élaboration des réglementations internationales.

Il s'agit de niveaux d'exposition (concentration d'un polluant dans l'air ambiant pendant une durée déterminée) auxquels ou en dessous desquels il n'y a pas d'effet sur la santé. Ceci ne signifie pas qu'il y ait un effet dès que les niveaux sont dépassés, mais que la probabilité qu'un effet apparaisse est augmentée.

Polluants	Effets considérés sur la santé	Valeur ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) recommandée par l'OMS	Durée moyenne d'exposition
O <sub>3</sub> <b>Ozone</b>	- impact sur la fonction respiratoire	100	8 heures
PM 10 <b>Particules</b>	- affection des systèmes respiratoire et cardiovasculaire	50	24 heures
PM 2.5 <b>Particules</b>		20	1 an
		25	24 heures
		10	1 an
NO <sub>2</sub> <b>Dioxyde d'azote</b>	- faible altération de la fonction pulmonaire (asthmatiques)	200	1 heure
		40	1 an
SO <sub>2</sub> <b>Dioxyde de soufre</b>	- altération de la fonction pulmonaire (asthmatiques)	500	10 minutes
	- exacerbation des voies respiratoires (individus sensibles)	20	24 heures
Pb <b>Plomb</b>	- niveau critique de plomb dans le sang < 10 – 150 g/l	0,5	1 an
Cd <b>Cadmium</b>	- impact sur la fonction rénale	0,005	1 an
CO <b>Monoxyde de carbone</b>	- niveau critique de CO Hb < 2,5 % - Hb : hémoglobine	100 000	15 minutes

## LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1	Tubes passifs.....	32
ANNEXE 2	Définition statistique d'une « boîte à moustache ».....	33
ANNEXE 3	Représentation des valeurs hebdomadaires de benzène sur l'année 2018 .....	34
ANNEXE 4	Guide de lecture des roses des vents et roses des pollutions.....	35
ANNEXE 5	Sources de pollution, effets sur la santé, réglementation et recommandations OMS .....	37

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Émissions par année de benzène et NO <sub>x</sub> par ArcelorMittal FOS données IREP .....	5
Tableau 2: Mesures du NO <sub>2</sub> sur l'année 2018 .....	8
Tableau 3: Évolution des niveaux de NO <sub>2</sub> (2005 - 2018) (Mesures par tubes à diffusion de Palmes, sauf 2013 mesure par analyseur automatique) .....	9
Tableau 4: Mesures du benzène sur l'année 2018 .....	11
Tableau 5 : Moyennes annuelles de benzène relevées à Marseille en 2018.....	11
Tableau 6 : Résultats obtenus pour les mesures hebdomadaires en benzène.....	13
Tableau 7 : Évolution des niveaux de benzène (2005 – 2018).....	14
Tableau 8 : Valeurs Toxicologiques de Références du benzène, pour une exposition chronique par inhalation .....	14
Tableau 9 : Quotients de dangers concernant l'exposition chronique des populations au benzène sur les sites de mesures .....	15
Tableau 10 : Excès de risque individuels concernant l'exposition chronique des populations benzène sur les sites de mesures .....	15
Tableau 11 : Contribution de chaque secteur au niveau de benzène relevé au point 7.....	20
Tableau 12 : Comparaison des concentrations relevées pour la semaine du 7 au 14 août 2018 (P95 = percentile 95).....	23

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Localisation d'ArcelorMittal Méditerranée .....	4
Figure 2: Localisation des neuf points de mesure .....	6
Figure 3 : Moyenne des concentrations en NO <sub>2</sub> .....	9
Figure 4: Niveaux annuels de NO <sub>2</sub> relevés dans différentes villes des Bouches-du-Rhône .....	10
Figure 5: Représentation topologique du benzène .....	10
Figure 6 : Représentation cartographique des niveaux de benzène (2018) .....	12
Figure 7: Représentation boxplot des résultats hebdomadaires.....	12
Figure 8: Concentrations de benzène au point 7 (du 18 juin au 31 juillet 2018). a) moyennes quart-horaires b) moyennes horaires c) moyennes journalières .....	16
Figure 9 : Représentation sous forme de rose des pollutions des données quart horaire de benzène (du 18 juin au 31 juillet 2018).....	17
Figure 10: Roses des pollutions en benzène au point 7, en faisant varier le nombre d'occurrences minimales .....	18
Figure 11: Rose des pollutions et rose des vents (toutes vitesses confondues).....	19
Figure 12 : Roses des pollutions pour Toluène, Ethylbenzène, méta para Xylène et ortho-Xylène .....	21
Figure 13: Rose des pollutions pour l'ammoniac au point 7.....	21
Figure 14 : Rose des vents relevée au point 7 le 5 juillet 2018 et niveaux de benzène mesuré le même jour.....	22
Figure 15: Roses des vents relevées à Istres le 12 août 2018 et la semaine du 7 au 14 août.....	23

## RESUME :

# QUALITE DE L'AIR EN 2018 A PROXIMITE D'ARCELORMITTAL

### Oxydes d'azote Oxydes d'azote et benzène

AtmoSud a réalisé en 2018 une surveillance à Fos-sur-Mer dans les environs d'ArcelorMittal en benzène et oxydes d'azote (NOX), pour répondre aux interrogations des riverains concernant leur exposition. Cette séquence de mesure entre également dans un cadre de surveillance demandé par la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement PACA.

Cette étude vise à évaluer la qualité de l'air en 2018, en regard des travaux engagés pour mise en conformité des rejets atmosphériques d'ArcelorMittal notamment en ce qui concerne le benzène et les oxydes d'azote.

Les résultats obtenus sont mis en perspective avec ceux observés au cours des années antérieures (AtmoSud, 2006, 2011, 2013).

#### ► Des pollutions liées à des sources industrielles multiples

Cette nouvelle campagne de mesures menée à Fos-sur-Mer confirme la présence en ce secteur de niveaux en lien avec différentes activités situées sur zone, mais également dans les environs plus ou moins proches. L'activité du port pétrolier de Fos-sur-Mer, ArcelorMittal, les zones de stockages d'hydrocarbures, la raffinerie de Fos-sur-Mer ainsi que les rejets de la zone industrialo-portuaire de Lavéra apparaissent clairement comme sources contributrices.

#### ► Du benzène présent dans l'air en proximité de sources industrielles

La valeur réglementaire pour la santé humaine concernant le benzène est respectée en 2018 dans les zones habitées de Fos-sur-Mer. Dans le périmètre d'activité industrielle, les niveaux sont plus élevés qu'en zone habitée et sont en certains lieux proches des valeurs réglementaires en air ambiant.

Les niveaux moyens annuels de benzène sont inférieurs à la valeur limite ( $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ainsi qu'à l'objectif de qualité ( $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sur la quasi-totalité des points de mesure sauf en un lieu : Cavaou (n°7), proche du terminal pétrolier et sous le vent d'ArcelorMittal. Ce constat 2018 est semblable à celui des années passées en répartition spatiale et niveaux.

#### Des niveaux en benzène plus élevés à Fos/Cavaou

Le point de mesure Cavaou n°7 présente un niveau annuel en benzène de  $4,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , proche de la valeur limite de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{an}$  avec une forte amplitude d'une semaine à l'autre (valeur maximale hebdomadaire à  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

#### Quels sont les origines de ces niveaux ?

Les mesures dynamiques en COV effectuées du 18 juin au 31 juillet 2018 montrent deux origines distinctes du benzène au point n°7 :

- influence des vents de secteur Ouest-Sud-Ouest, correspondant au terminal pétrolier,
- influence des vents de secteur Nord-Ouest, correspondant à ArcelorMittal.

#### ► Des niveaux en dioxyde d'azote moins problématiques en ce secteur, plus faibles que dans les grandes villes du département ou en proximité routière.

Les niveaux annuels de  $\text{NO}_2$  sont inférieurs à  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour l'ensemble des points de mesure (valeur limite annuelle :  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Les niveaux annuels de  $\text{NO}_2$  sont plus faibles que ceux observés dans les grandes villes du département où les valeurs limites sont parfois encore dépassées. A noter, qu'une diminution est observée depuis 2005 en ce lieu comme sur l'ensemble de la région.

Responsable de publication : Lise Bonvalot Publication : avril 2019

Photos : Archives AtmoSud